



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND

MARKENAMT

Offenlegungsschrift

DE 100 14 634 A 1

⑯ Int. Cl.⁷:

G 01 L 7/08

G 01 L 19/14

⑯ Unionspriorität:

11-82180 25. 03. 1999 JP

⑯ Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑯ Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNİSS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

⑯ Aktenzeichen: 100 14 634.1

⑯ Anmeldetag: 24. 3. 2000

⑯ Offenlegungstag: 26. 10. 2000

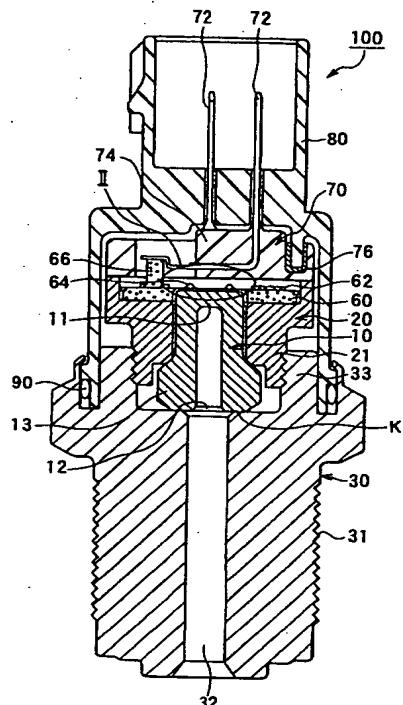
⑯ Erfinder:

Imai, Masahito, Kariya, Aichi, JP; Yamashita,
Yasuhiro, Kariya, Aichi, JP; Ito, Osamu, Kariya,
Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Drucksensor mit Metallspindel, die mit einem Gehäuse verbunden ist, das direkt an einer Vorrichtung angebracht werden kann, und Verfahren zum Herstellen desselben

⑯ Ein Drucksensor besitzt eine zylindrische Metallspindel (10) mit einer Membran (11) an einem Ende davon und einem Öffnungsbereich (12) an dem anderen Ende davon, und ein Gehäuse (30), das darin einen Druckleitungskanal (32) definiert, der mit dem Öffnungsbereich (12) in Verbindung steht. Die Spindel (10) ist mit dem Gehäuse (30) mittels Zusammenfügen eines äußeren Gewindegliedbereiches (21) eines Schraubenelementes (20), das zwischen der Spindel (10) und dem Gehäuse (30) angeordnet ist, und eines inneren Gewindegliedbereiches (33) des Gehäuses (30) verbunden. Als ein Ergebnis wird ein Grenzbereich (K) zwischen der Spindel (10) und dem Gehäuse (30) hermetisch abgedichtet bzw. versiegelt. Die Spindel (10) und das Gehäuse (30) müssen nicht denselben Härtegrad bzw. dieselbe Härte besitzen.



Beschreibung

Diese Erfindung betrifft im allgemeinen einen Drucksensor, in dem eine Metallspindel mit einer Membran an einem Gehäuse fixiert bzw. befestigt ist, und ein Verfahren zum Herstellen desselben, und betrifft insbesondere einen Drucksensor, der geeignet ist, einen Druck in einem Bereich von mehreren 10 MPa bis ungefähr 300 MPa zu erfassen bzw. zu detektieren.

Als Beispiel für diese Art von Drucksensor ist in Fig. 23 ein Drucksensor gezeigt, der konventionellerweise verwendet wird, um einen Druck (Kraftstoffdruck) im Innern einer Kraftstoffleitung (Vorrichtung) J3 zu erfassen, die in einem Fahrzeugkraftstoffeinspritzsystem angeordnet ist. Der Drucksensor umfaßt eine zylindrische hohle Metallspindel J2 und ein Gehäuse J5. Die Metallspindel J2 ist an einem Ende davon mittels einer Membran J1 verschlossen und an dem anderen Ende offen, und das Gehäuse J5 besitzt darin einen Druckleitungskanal J4, der mit dem offenen Ende der Spindel J2 in Verbindung steht, um ein Druckmedium in die Spindel J2 hineinzuleiten.

Die Seite des offenen Endes der Metallspindel J2 wird unter Verwendung, beispielsweise, eines Elektronenstrahls bei einem Schweißbereich J9 an das Gehäuse J5 geschweißt, wodurch der Grenzbereich zwischen der Metallspindel J2 und dem Gehäuse J5 versiegelt wird. Das Gehäuse J5 wird dann mit der Kraftstoffleitung J3 durch eine Dichtung J6, eine Verbindungsschraube J7 und ein Dichtungselement J8 hindurch fest verbunden. Die Kraftstoffleitung J3 besteht aus Metall oder dergleichen und ist innerhalb eines Fahrzeugmotorraums angeordnet. Ein Kraftstoffdruck wird von der Kraftstoffleitung J3 in die Metallspindel J2 geleitet, um die Membran J1 zu deformieren, und ein Erfassungsbereich, der, beispielsweise, aus Dehnungsmeßelementen besteht, die auf der Membran J1 bereitgestellt sind, wandelt die Deformation der Membran J1 in ein elektrisches Signal um. Dann erfaßt der Drucksensor den Kraftstoffdruck mittels Verarbeiten des elektrischen Signals.

In dem obigen Drucksensor sind jedoch die Kosten hoch, da die Verbindung des Gehäuses J5 mit der Kraftstoffleitung J3 mehrere Verbindungsteile J6, J7 und J8 erfordert. Weiterhin ist die Abdichtung an dem verbundenen Bereich für einen hohen Druck von, beispielsweise, 200 MPa unzureichend. Um eine hinreichende Abdichtung für den hohen Druck zu gewährleisten, ist es denkbar, daß das Gehäuse direkt an der Kraftstoffleitung angebracht wird. Das direkte Anbringen verursacht jedoch das folgende Problem.

Das heißt, es ist erforderlich, daß die Metallspindel J2 und das Gehäuse J5 ungefähr dieselbe Härte besitzen, in Berücksichtigung der Schweißeigenschaften zwischen der Spindel J2 und dem Gehäuse J5. Weiterhin muß die Härte der Spindel J2 erhöht werden, wenn der erfaßte Druck erhöht wird. Es ist folglich erforderlich, daß das Gehäuse J5 eine hohe Härte ungefähr wie jene der Spindel J2 besitzt. Sowohl das Gehäuse J5 als auch die Spindel J2 werden konventionellerweise aus SUS630 (rostfreier Stahl 630 gemäß dem japanischen Industriestandard) gemacht. Wenn dieses harte Gehäuse J5 direkt an der Kraftstoffleitung J3 angebracht wird, können jedoch eine Kraft und dergleichen, die während des Anbringens erzeugt werden, die Kraftstoffleitung J3 deformieren. Obwohl der Drucksensor von der Kraftstoffleitung J3 ablösbar ist, so daß er leicht ausgetauscht werden kann, ist die Kraftstoffleitung J3 innerhalb des Motorraumes befestigt und es ist schwierig, sie auszutauschen. Es ist somit dringend erforderlich, die Deformation der Kraftstoffleitung J3 zu verhindern.

Die vorliegende Erfindung ist im Hinblick auf die obigen Probleme gemacht worden. Es ist folglich eine Aufgabe der

vorliegenden Erfindung, einen Drucksensor bereitzustellen, der eine Metallspindel mit einer Membran umfaßt, die mit einem Gehäuse verbunden ist, das direkt an einer Vorrichtung angebracht werden kann, ohne eine Deformation der Vorrichtung zu verursachen, und ein Verfahren zum Herstellen desselben.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der Ansprüche 1 bzw. 17.

Gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt, kurz gesagt, 10 ein Drucksensor eine Schiebeeinrichtung, um eine Metallspindel gegen ein Gehäuse zu schieben bzw. zu drücken, um einen Grenzbereich zwischen der Spindel und dem Gehäuse zu versiegeln bzw. abzudichten. Folglich wird die Spindel durch eine drückende bzw. schiebende Kraft oder Schubkraft, die von der Schiebeeinrichtung bereitgestellt bzw. ausgeübt wird, an dem Gehäuse fixiert bzw. mit dem Gehäuse verbunden. Folglich müssen die Spindel und das Gehäuse nicht dieselbe Härte bzw. denselben Härtegrad besitzen. Das Gehäuse kann weicher als die Spindel ist. Wenn 20 das Gehäuse weicher als die Spindel ist und direkt an einer Vorrichtung angebracht wird, deformiert das Gehäuse die Vorrichtung nicht.

Vorteilhafterweise besitzt die Spindel einen abgestuften Bereich, um die Schubkraft aufzunehmen. Dementsprechend wird die Spindel effektiv bzw. wirkungsvoll in einer axialen Richtung der Spindel mit der Schubkraft beaufschlagt. Die Schiebeeinrichtung kann eine Schraubverbindungseinrichtung sein, die so befestigt bzw. angebracht wird, daß sie die Spindel gegen das Gehäuse schiebt bzw. drückt, oder ein aufgespreizter Bereich des Gehäuses, der auf die Spindel verstemmt wird.

Die Unteransprüche beziehen sich auf vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Weitere Aufgaben und Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden leichter mit einem besseren Verständnis der bevorzugten Ausführungsformen offensichtlich werden, die unten unter Bezugnahme auf die folgenden Zeichnungen beschrieben sind, die zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines Drucksensors gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Teils, der in Fig. 1 mittels eines Kreises II gekennzeichnet ist;

Fig. 3 eine Ansicht zum Erläutern der Abmessungen einer 45 Metallspindel in der ersten Ausführungsform;

Fig. 4A eine graphische Darstellung, die ein experimentelles Ergebnis zum Optimieren eines Winkels $\theta 1$ der Auflageoberfläche der Metallspindel anzeigt;

Fig. 4B eine graphische Darstellung, die ein experimentelles Ergebnis zum Optimieren einer Länge L1 eines abgestuften Bereiches der Metallspindel zeigt;

Fig. 5 eine in Einzelteile aufgelöste Darstellung des in Fig. 1 gezeigten Drucksensors;

Fig. 6A eine Draufsicht, die einen Schritt zum Zusammenbauen des Drucksensors in der ersten Ausführungsform zeigt, in einer Richtung, die in Fig. 6B mittels eines Pfeiles VIA angezeigt ist;

Fig. 6B eine Querschnittsansicht, die entlang der Linie VIB-VIB in Fig. 6A genommen ist;

Fig. 7A eine Draufsicht, die einen Schritt zum Zusammenbauen des Drucksensors zeigt, der auf den in den Fig. 6A und 6B gezeigten Schritt folgt, in einer Richtung, die in Fig. 7B mittels eines Pfeiles VIIA angezeigt ist;

Fig. 7B eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie VIIA-VIIA in Fig. 7A genommen ist;

Fig. 8A eine Draufsicht, die einen Schritt zum Zusammenbauen des Drucksensors zeigt, der auf den in den Fig. 7A und 7B gezeigten Schritt folgt, in einer Richtung, die in

Fig. 8B mittels eines Pfeiles **VIIIA** angezeigt ist;

Fig. 8B eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie **VIIIB-VIIB** in **Fig. 8A** genommen ist;

Fig. 9A eine Draufsicht, die einen Schritt zum Zusammenbauen des Drucksensors zeigt, der auf den in den Figuren **SA** und **8B** gezeigten Schritt folgt, in einer Richtung, die in **Fig. 9B** mittels eines Pfeiles **IXA** angezeigt ist;

Fig. 9B eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie **IXB-IXB** in **Fig. 9A** genommen ist;

Fig. 10 eine Querschnittsansicht eines Drucksensors gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

die **Fig. 11A** bis **11C** Prozeßdiagramme, die ein Verstemmverfahren in der zweiten Ausführungsform zeigen;

Fig. 12 eine Ansicht zum Erläutern und Erklären eines mittels Verstemmen bzw. Dichtstemmen erzeugten Auflagedruckes;

Fig. 13 eine graphische Darstellung, die eine Beziehung zwischen einer Temperatur und einem Dichtungsüberflächenauflagedruck zeigt;

Fig. 14 eine Querschnittsansicht eines weiteren Drucksensors in der zweiten Ausführungsform;

Fig. 15 eine Querschnittsansicht eines anderen Drucksensors in der zweiten Ausführungsform;

Fig. 16 eine Querschnittsansicht, die schematisch und teilweise einen Drucksensor gemäß einer dritten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

die **Fig. 17A** und **17B** schematische Ansichten, die weitere Beispiele in der dritten Ausführungsform zeigen;

Fig. 18 eine schematische Ansicht, die ein Vergleichsbeispiel in der dritten Ausführungsform zeigt;

Fig. 19A eine Draufsicht auf einen Drucksensor, in dem ein Schraubenelement vollständig in einem Gehäuse untergebracht ist, in einer Richtung, die in **Fig. 19B** mittels eines Pfeiles **XIXA** angezeigt ist, gemäß einer vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 19B eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie **XIXB-XIXB** in **Fig. 19A** genommen ist;

Fig. 20A eine Draufsicht auf einen Drucksensor in der vierten Ausführungsform in einer Richtung, die in **Fig. 20B** mittels eines Pfeiles **XXA** angezeigt ist;

Fig. 20B eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie **XXB-XXB** in **Fig. 20A** genommen ist;

Fig. 21 eine Draufsicht auf einen modifizierten Drucksensor in der vierten Ausführungsform;

Fig. 22A eine Draufsicht auf einen weiteren modifizierten Drucksensor in der vierten Ausführungsform in einer Richtung, die in **Fig. 22B** mittels eines Pfeiles **XXIIA** angezeigt ist;

Fig. 22B eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie **XXIIB-XXIIB** in **Fig. 22A** genommen ist; und

Fig. 23 eine Querschnittsansicht eines Drucksensors gemäß einem Stand der Technik.

Erste Ausführungsform

Ein in **Fig. 1** gezeigter Drucksensor **100** kann an einer Kraftstoffleitung (Vorrichtung) in einem Fahrzeugkraftstofffeinspritzsystem angebracht werden, um einen Druck eines Druckmediums in der Kraftstoffleitung zu detektieren bzw. zu erfassen. Das Druckmedium ist ein Kraftstoff. Wie in **Fig. 1** zu sehen ist, besitzt der Drucksensor **100** ein Gehäuse **30** und eine zylindrische hohle Metallspindel **10**, die mittels eines Schraubenelementes **20** an dem Gehäuse **30** fixiert bzw. mit dem Gehäuse **30** verbunden ist. Die Metallspindel **10** besitzt an einem Ende davon eine Membran **11** und an dem anderen Ende davon einen Öffnungsbereich **12**. Die Metallspindel **10** ist mit einem abgestuften Bereich **13** an

der Seite des Öffnungsbereiches ausgebildet, mit einem äußeren Durchmesser, der größer ist als jener der Seite ihres Membranbereiches.

Wie in **Fig. 2** zu sehen ist, ist ein Sensorchip **40**, der aus einem Siliziumeinkristall (Si) besteht, mit der äußeren Oberfläche der Membran **11** durch ein Glas **50** mit niedrigem Schmelzpunkt verbunden bzw. verklebt. Der Sensorchip **40** besitzt einen Erfassungsbereich (Dehnungsmeßelemente) zum Erfassen einer mechanischen Spannung, die erzeugt wird, wenn die Membran **11** durch den Druck des Druckmediums deformiert wird, das durch den Öffnungsbereich **12** hindurch in die Metallspindel **10** hinein geleitet wird. Die Sensoreigenschaften hängen grundlegend von der Membran **11** und dem Sensorchip **40** ab.

Es ist erforderlich, daß das Material zum Ausbilden der Metallspindel **10** eine große Stärke bzw. Festigkeit besitzt, da die Spindel **10** einen extrem hohen Druck empfängt bzw. aufnimmt. Es ist weiterhin erforderlich, daß das Material einen niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, da der Si-Sensorchip **40** durch das Glas **50** mit der Spindel **10** verbunden ist. Insbesondere besteht die Metallspindel **10** aus einem Material, das als Hauptkomponenten Fe, Ni und Co, oder Fe und Ni, und als Ablagerungsverstärkungsmaterial Ti, Nb, und Al oder Ti und Nb, die zu den Hauptkomponenten hinzugefügt werden, enthält, und wird mittels Pressen, Schneiden, Kaltgießen oder dergleichen ausgebildet.

Das Gehäuse **30** besitzt eine äußere Oberfläche mit Gewinde, um eine Befestigungsschraube **31** zu bilden, um direkt an der Kraftstoffleitung angebracht zu werden. Ein Druckleitungskanal **32** ist in dem Gehäuse **30** definiert, um mit dem Öffnungsbereich **12** der Metallspindel **10** in Verbindung zu stehen. Der Druckleitungskanal **32** steht ebenfalls mit der Kraftstoffleitung in Verbindung, um das Druckmedium in die Metallspindel **10** einzuleiten.

Das Schraubenelement **20** ist zylindrisch und bedeckt den äußeren Umfang bzw. die äußere Peripherie der Metallspindel **10**. Ein äußerer Gewindegang **21** ist auf der äußeren Umfangsoberfläche des Schraubenelementes **20** ausgebildet, und ein innerer Gewindegang **33** ist auf dem Gehäuse **30** ausgebildet, um mit dem äußeren Gewindegang **20** zu korrespondieren. Eine Kraft zum Verschieben bzw. Schubkraft wird auf den abgestuften Bereich **13** der Metallspindel **10** dadurch ausgeübt, daß die Gewindegänge **21** und **33** zusammengefügt werden. Die Schubkraft verbindet die Metallspindel **10** mit dem Gehäuse **30** und versiegelt den Grenzbereich **K** zwischen der Metallspindel **10** an der Seite des Öffnungsbereiches und dem Gehäuse **30** an der Seite des Druckleitungskanals. In diesem Fall fungieren der äußere Gewindegang **21** und der innere Gewindegang **33** auf kooperative Weise zusammen als Schiebeeinrichtung.

Folglich ist das Gehäuse **30** an einer Seite mit der Kraftstoffleitung verbunden bzw. an dieser fixiert, und ist über das Schraubenelement **20** an der anderen Seite mit der Metallspindel **10** verbunden bzw. an dieser fixiert, wodurch die verbundenen Bereiche in Bezug auf einen extrem hohen Druck versiegelt bzw. abgedichtet und die Spindel **10** mechanisch gehalten wird. Zusätzlich wird ein Verbindungsgehäuse **80** wie unten beschrieben mit dem Gehäuse **30** verbunden. Folglich ist es erforderlich, daß das Gehäuse **30** in einer Nutzumgebung Korrosionsbeständigkeit gegenüber dem Druckmedium besitzt, und eine Schraubenstärke, um eine axiale Spannung aufrechtzuerhalten, die an dem Grenzbereich **K** einen hohen Dichtungsauflagedruck erzeugen kann. Um diese Anforderungen zu erfüllen, wird das Material zum Ausbilden des Gehäuses **30** ausgewählt aus Kohlenstoffstahl (z. B. S15C), der mit Zn, XM7, SUS430, SUS304, SUS630 und dergleichen plattiert ist. Kohlenstoff-

stahl besitzt sowohl Korrosionsbeständigkeit als auch eine große Stärke bzw. Festigkeit, und eine Zn-Plattierung erhöht die Korrosionsbeständigkeit. XM7, SUS430, SUS304 und SUS630 besitzen Korrosionsbeständigkeit.

Es ist erforderlich, daß das Schraubenelement 20 eine große Stärke besitzt, um eine axiale Spannung aufrechtzuerhalten, die einen hinreichenden Dichtungsaufgedruck erzeugen kann, wenn die Metallspindel 10 mit dem Gehäuse 30 verbunden wird. Es ist nicht erforderlich, daß das Schraubenelement 20 Korrosionsbeständigkeit besitzt, da es innerhalb der Baugruppe bzw. des Gehäuses angeordnet ist, die bzw. das aus dem Gehäuse 30 und dem Verbindungsgehäuse 80 besteht. Das Schraubenelement 20 besteht aus Kohlenstoffstahl oder dergleichen.

Das Bezugszeichen 60 bezeichnet ein Keramiksubstrat, IC-Chips 62 wie z. B. ein Amp-IC-Chip zum Verstärken einer Ausgabe von dem Sensorchip 40 und ein IC-Chip für charakteristische Einstellungen sind mit dem Substrat 60 mittels eines Klebstoffes verbunden und sind mittels Al-Leitungen 64 mit den Beschaltungsbereichen des Keramiksubstrates elektrisch verbunden. Ein Anschlußstift bzw. Pin 66 ist mittels Silberlot mit einem Beschaltungsbereich des Keramiksubstrates 60 verbunden und ist mit einem Verbindungsanschluß 70 elektrisch verbunden.

Der Verbindungsanschluß 70 besitzt Anschlußstifte 72, die zusammen mit Kunsthars 74 mittels Einspritzgießen ausgebildet werden. Einer der Anschlußstifte 72 wird unter Verwendung eines Lasers an den Pin 66 angeschweißt. Der Verbindungsanschluß 70 ist mittels eines Klebstoffes 76 mit dem Verbindungsgehäuse 80 verbunden. Die Anschlußstifte 72 können elektrisch mit externen Einheiten wie z. B. einem elektronischen Steuergerät (ECU) verbunden sein. Das Verbindungsgehäuse 80 bedeckt den Verbindungsanschluß 70 und wird über einen O-Ring 90 mit dem Gehäuse 30 zusammengefügt, um dadurch zusammen mit dem Gehäuse 30 das Baugruppengehäuse zu bilden. Das Baugruppengehäuse schützt den Sensorchip 40 und die darin gehaltenen IC-Chips vor Feuchtigkeit und Kräften, die daran mechanisch und von außen angelegt werden. Das Material des Verbindungsgehäuses 80 ist Polyphenylsulfit (PPS) oder dergleichen, das leicht hydrolysiert wird.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf Fig. 3 die Gestalt der Metallspindel 10 ausführlicher erklärt werden. Wie oben beschrieben wurde, besitzt die Metallspindel 10 den abgestuften Bereich 13 an der Seite des Öffnungsbereiches, der einen größeren äußeren Durchmesser besitzt als der des anderen Bereiches der Spindel 10 an der Seite der Membran. Der Grund dafür ist, daß der abgestufte Bereich 13 die axiale Spannung aufnimmt, die von den zusammengefügten Gewindegängen 21 und 33 ausgeübt wird. Die axiale Spannung erzeugt den Dichtungsaufgedruck an dem Grenzbereich K und eine Reaktionskraft des Druckes.

Die Abmessungen der Metallspindel 10 werden unten unter Bezugnahme auf Fig. 3 erklärt. Die Spindel 10 besitzt einen Außendurchmesser D1 an der Seite der Membran, der bestimmt wird durch die Größe des Sensorchips 40, die Abmessungen eines Überlappungsbereiches zwischen dem Glas 50 und dem Chip 40, und einen Freiraum zwischen dem äußeren Umfang des Glases 50 und dem äußeren Umfang der Spindel 10. Die Konturgröße der Spindel 10 nimmt ab, wenn der Außendurchmesser D1 abnimmt. Zum Beispiel beträgt der Außendurchmesser D1 ϕ 6,5 mm, was eine in der Praxis bewährte Abmessung ist.

Was einen Durchmesser D2 der Membran anbelangt, so ist ein großer Durchmesser zwecks Verarbeitungsfähigkeit vorteilhaft, und ein kleiner Durchmesser ist zwecks Empfindlichkeit vorteilhaft. In der gegenwärtigen Ausführungsform ist der Membrandurchmesser D2 im Hinblick auf Ver-

arbeitungsfähigkeit auf ϕ 2,5 mm gesetzt. Ein äußerer Durchmesser D3 des abgestuften Bereiches 13 ist im Hinblick auf die Reduktion der Materialkosten und Reduktion der Größe der Spindel 10 vorteilhaftweise klein. Jedoch beschränken der Außendurchmesser D1 und eine Breite W2 der Auflageoberfläche den Außendurchmesser D3.

Die Breite W2 der Auflageoberfläche an dem abgestuften Bereich 13 ist eine Breite einer Stirnfläche bzw. Seite zum Aufnehmen der axialen Spannung, die von dem inneren Gewindegangsbereich 33 ausgeübt wird. Die Positionierungsgenauigkeit der Spindel 10 zum Zusammenbauen kann durch Erhöhen der Breite W2 verbessert werden. Eine Breite W1 der Dichtungsoberfläche der Spindel 10 ist, beispielsweise, auf 1 mm gesetzt. Wenn die Breite W1 der Dichtungsoberfläche zu klein ist, können die Dichtungseigenschaften durch Schäden an der Dichtungsoberfläche leicht verschlechtert werden. Wenn die Breite W1 zu groß ist, können die Dichtungseigenschaften leicht durch einen verringerten Auflagedruck verschlechtert werden. In dieser Ausführungsform läuft die Spindel 10 spitz zu bzw. verjüngt sich, um eine Dichtungsoberfläche mit einer erwünschten Abmessung an der Seite des Endes des Öffnungsbereiches zu besitzen.

Eine Abmessung R1 einer Innenecke ist ein Krümmungsradius an dem Fußbereich der Membran 11, der zu dem hohlen Bereich der Spindel 10 hin freiliegt. Wenn die Abmessung R1 der Innenecke groß ist, wird die Erzeugung von Verspannung bzw. Belastung daran unterdrückt. Jedoch ist die Empfindlichkeit niedrig. Andererseits, wenn die Abmessung R1 der Innenecke klein ist, wird die daran erzeugte Belastung vergrößert, obwohl die Empfindlichkeit groß ist. Die Abmessung R1 der Innenecke wird auf der Grundlage eines erfaßten Druckbereiches zusammen mit einer Dicke L3 der Membran bestimmt.

Eine Abmessung R2 einer Außenecke ist ein Krümmungsradius an einer Ecke des Verbindungsreiches zwischen dem Spindelbereich, der den Außendurchmesser D1 besitzt, und der Auflageoberfläche bzw. tragenden Oberfläche des abgestuften Bereiches 13. Je größer die Abmessung R2 der Außenecke wird, desto mehr wird es unterdrückt, daß daran Verspannung bzw. Belastung erzeugt wird und desto kürzer wird die Breite W2 der Auflageoberfläche. Zum Beispiel wird die Abmessung R2 der Außenecke, gesichert in der Lücke (z. B. 0,3 mm) zwischen der Spindel 10 und dem Schraubenelement 20, auf R0,9 als ein Maximalwert gesetzt.

Die Dicke L3 der Membran beeinflußt die Empfindlichkeit und den Standhalterdruck und wird durch den erfaßten Druckbereich zusammen mit der Abmessung R1 der Innenecke wie oben beschrieben bestimmt. Eine Lücke L4 zwischen der Dichtungsoberfläche und der Auflageoberfläche ist eine Lücke zwischen einer Mitte der Dichtungsoberfläche und einer Mitte der Auflageoberfläche in einer Richtung senkrecht zu der axialen Richtung der Spindel 10. Die Lücke L4 wird gemäß einer Auflagedruckverteilung an der Dichtungsoberfläche bestimmt.

Ein Winkel θ 1 der Auflageoberfläche wird zwischen der Auflageoberfläche zum Aufnehmen der axialen Spannung (Schubkraft bzw. schiebende Kraft), die von dem Schraubenelement 20 ausgeübt wird, und der axialen Richtung der Spindel 10 definiert. Der Auflagedruck θ 1 wird gemäß der Auflagedruckverteilung an der Auflageoberfläche bestimmt. Fig. 4A zeigt die Belastungen (maximale Hauptbelastungen: MPa) an, die an der Spindel 10 und dem Schraubenelement 20 in Bezug auf den Winkel θ 1 der Auflageoberfläche erzeugt werden.

Insbesondere sind die Belastungen, die an der Ecke erzeugt werden, die die Außeneckenabmessung R2 besitzt, mit einer Markierung ♦ dargestellt, und die Belastungen, die

an der Ecke erzeugt werden, die die Inneneckenabmessung R1 besitzt, sind mit der Markierung ■ dargestellt. Die Belastungen, die an dem inneren Bereich erzeugt werden, der zu dem hohlen Bereich der Spindel 10 hin freiliegt, sind mit einer Markierung • dargestellt, und die Belastungen, die an dem Schraubenbereich 20 erzeugt werden, sind mit einer Markierung x dargestellt. Wie man Fig. 4A entnimmt, sind die Belastungen bzw. Verspannungen, die an den jeweiligen Spindelbereichen erzeugt werden, eng mit dem Winkel θ 1 der Auflageoberfläche verknüpft. Ein geeigneter Bereich für den Winkel θ 1 der Auflageoberfläche beträgt, beispielsweise, 40° bis 60° .

Ein Dichtungsüberflächenperipheriewinkel θ 2 ist ein Winkel, der zwischen der Dichtungsüberfläche und dem äußeren Umfang bzw. der äußeren Peripherie der Seitenkantenoberfläche der Dichtungsüberfläche definiert wird, und wird auf geeignete Weise gemäß der Auflagedruckverteilung auf bzw. an der Dichtungsüberfläche bestimmt. Eine Länge L1 des abgestuften Bereiches ist eine Länge zwischen dem unteren Ende der Auflageoberfläche und der Dichtungsüberfläche in der axialen Richtung der Spindel 10 in Fig. 3. Wenn die Länge L1 zu lang ist, kann die Belastung, die an der sensortragenden Oberfläche (der Oberfläche der Membran, auf der der Sensorchip 40 angebracht ist) durch die axiale Spannung beeinflußt werden, die von dem Schraubenelement 20 ausgeübt wird, so daß die Sensoreigenschaften verschlechtert werden.

Fig. 4B zeigt eine Änderung in der Belastung an, die an den Meßelementen des Sensorchips 40 infolge der axialen Spannung, die von dem Schraubenelement 20 ausgeübt wird, erzeugt wird. Diese Änderung wurde erfaßt, indem die Länge L1 (mm) des abgestuften Bereiches geändert wurde, während die Länge L2 der Spindel fixiert wurde, was eine Gesamtlänge in der axialen Richtung der Spindel 10 ist, bei 12,5 mm. Die Änderung in der Belastung der Meßelemente wird als eine Änderungsrate (MPa) in der in Fig. 4B gezeigten graphischen Darstellung angezeigt.

Wie man Fig. 4B entnehmen kann, beeinflußt die axiale Spannung (schiebende Kraft bzw. Schubkraft) nicht die Belastung, die an bzw. auf der sensortragenden Oberfläche erzeugt wird, wenn die Länge L2 der Spindel 12,5 mm und die Länge L1 des abgestuften Bereiches ungefähr 5 mm oder weniger beträgt. Dementsprechend wird es bestätigt, daß die Länge L1 des abgestuften Bereiches gleich oder kleiner als eine Hälfte der Spindellänge L2 sein sollte. Weiterhin, je kürzer die Länge L2 der Spindel ist, desto mehr wird die Verarbeitungsfähigkeit der Spindel 10 verbessert und desto mehr werden die Materialkosten verringert. Die untere Grenze für die Länge L2 wird durch die Struktur des Schraubenelementes 20 (beispielsweise einer nutzbaren Schraubenlänge und einer nicht-nutzbaren Schraubenlänge des Schraubenelementes 20) bestimmt.

Als nächstes wird ein Verfahren zum Zusammenbauen des oben beschriebenen Drucksensors 100 unter Bezugnahme auf die Fig. 5 bis 9 erläutert werden. Fig. 5 zeigt Teile des Drucksensors 100 vor dem Zusammenbau. Die Teile werden auf die folgende Weise in einer Achsenrichtung, die in Fig. 5 mittels einer gestrichelten Linie angezeigt ist, zusammengebaut.

Als erstes, in einem Schritt, der in den Fig. 6A und 6B gezeigt ist, wird das Schraubenelement 20 mit der Metallspindel 10, an der der Sensorchip 40 durch das Glas 50 angeklebt ist, zusammengebaut bzw. zusammengefügt. Dann wird die Metallspindel 10 an dem Gehäuse 30 fixiert bzw. damit verbunden, indem man den äußeren Gewindegang 21 des Schraubenelementes 20 und den inneren Gewindegang 33 des Gehäuses 30 relativ zueinander dreht und zusammenfügt. Wenn die Gewindegänge 21 und 33 zusam-

mengefügt werden, wird die Spindel 10, integriert mit dem Schraubenelement 20, an einer Unterseite des Gehäuses 30 angeordnet, die nicht zusammen gedreht werden sollen. Folglich ist die Positionierungsgenauigkeit der Spindel 10 hoch.

Als nächstes, in einem Schritt, der in den Fig. 7A und 7B gezeigt ist, wird das Keramiksubstrat 60, das den Chip 62, der daran drahtkontakteert ist, und den Anschlußstift bzw. Pin 66 trägt, mittels eines Klebstoffes mit dem Schraubenelement 20 verbunden. Die leitfähigen Bereiche des Keramiksubstrates 60 werden mittels Drahtkontakteierung (Drahtbonden) oder dergleichen mit dem Sensorchip 40 elektrisch verbunden. Als nächstes, in einem Schritt, der in den Fig. 8A und 8B gezeigt ist, wird der Pin 66 mittels eines Lasers wie z. B. einem YAG-Laser an den Verbindungsanschluß 70 angeschweißt.

Als nächstes, in einem Schritt, der in den Fig. 9A und 9B gezeigt ist, wird das Verbindungsgehäuse 80 über den O-Ring 90 in einen Nutbereich des Gehäuses 30 eingepaßt, und der Nutbereich wird verstemmt, wodurch das Verbindungsgehäuse 80 mit dem Gehäuse 30 verbunden wird. Als eine Folge ist der Drucksensor 100 wie in den Fig. 1 und 9B gezeigt fertiggestellt. Der zusammengefügte Drucksensor 100 wird fest an der nicht gezeigten Kraftstoffleitung angebracht, indem man die Befestigungsschraube 31 des Gehäuses 30 und einen in der Kraftstoffleitung ausgebildeten Schraubenbereich zusammenfügt.

Die Membran 11 wird durch den Kraftstoffdruck (Druckmedium) verschoben bzw. verlagert, der von der Kraftstoffleitung durch den Druckleitungskanal 32 des Gehäuses 30 und den Öffnungsbereich 12 der Spindel 10 hindurch in den hohlen Bereich der Spindel 10 geleitet wird. Diese Verlagerung bzw. Verschiebung der Membran 11 wird durch den Sensorchip 40 in ein elektrisches Signal umgewandelt, und das elektrische Signal wird von einem Sensorverarbeitungsschaltkreisbereich auf dem Keramiksubstrat 60 verarbeitet. Als eine Folge wird der Druck erfaßt. Die Steuerung der Kraftstoffeinspritzung wird dann mittels eines ECU und dergleichen auf der Grundlage des erfaßten Druckes (Kraftstoffdruck) ausgeführt.

Gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden die Metallspindel 10 und das Gehäuse 30 verbunden und der Grenzbereich K wird versiegelt bzw. abgedichtet, indem die Gewindegänge 21 und 33 zusammengefügt werden. Die Spindel 10 und das Gehäuse 30 müssen nicht ungefähr dieselbe Härte bzw. denselben Härtegrad besitzen zur Berücksichtigung des Schweißvermögens wie in einem konventionellen Verfahren. Das Gehäuse 30 kann aus einem weichen Material bestehen, in Bezug auf die harte Metallspindel 10. Folglich wird die Kraftstoffleitung nicht deformiert, sogar wenn das Gehäuse 30 direkt an der Kraftstoffleitung angebracht wird. Zusätzlich, da das Gehäuse 30 direkt an der Kraftstoffleitung angebracht bzw. befestigt werden kann, werden keine Extrateile zum Verbinden des Drucksensors mit der Kraftstoffleitung benötigt, was zu einer vereinfachten Struktur und einer verkürzten Zeit für das Anbringen führt.

In der vorliegenden Ausführungsform ist das zylindrische Schraubenelement 20 von der Spindel 10 getrennt, und der äußere Gewindegang 21 ist auf dem äußeren Umfang bzw. der äußeren Peripherie des Schraubenelementes 20 ausgebildet. Die schiebende Kraft bzw. Schubkraft wird von dem Schraubenelement 20 auf den abgestuften Bereich 13 der Spindel 10 ausgeübt, wodurch der Grenzbereich K versiegelt wird. In diesem Fall kann die Spindel 10 effektiv bzw. wirkungsvoll mit der Schubkraft in der axialen Richtung der Spindel 10 beaufschlagt werden. Die Spindel 10 kann jedoch einen äußeren Gewindegang zum Einpassen

des inneren Gewindegemeinschafts **33** besitzen, an einem äußeren Umfang davon, so daß die Spindel **10** direkt mit dem Gehäuse **30** mittels Zusammenfügen der Gewindegemeinschaften verbunden werden kann. Andere Modifikationen sind ebenfalls geeignet, vorausgesetzt, daß die zwei Gewindegemeinschaften so zusammengefügt werden, daß sie den Grenzbereich K versiegeln bzw. hermetisch abdichten.

Zweite Ausführungsform

In der ersten Ausführungsform wird die schiebende Kraft bzw. Schubkraft mittels Zusammenfügen der Gewindegemeinschaften an die Spindel **10** angelegt. Im Gegensatz dazu, in einer zweiten bevorzugten Ausführungsform, wird die Schubkraft angelegt, um den Grenzbereich K zu versiegeln, dadurch, daß die Spindel **10** und das Gehäuse **30** miteinander verstemmt werden. Die Unterschiede zwischen der ersten und zweiten Ausführungsform werden unten erläutert werden. Dieselben Teile wie jene in der ersten Ausführungsform sind durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet, und dieselben zugehörigen Erklärungen werden nicht wiederholt werden.

Fig. 10 zeigt einen Drucksensor **200** in der zweiten Ausführungsform, der den Druck in der Kraftstoffleitung wie in der ersten Ausführungsform erfassen bzw. detektieren kann. In dem Drucksensor **200**, bei einem aufgespreizten Bereich **110**, in **Fig. 10** von einem Kreis umgeben, ist ein Teil des Gehäuses **30** auf dem abgestuften Bereich **13** verstemmt, der an der äußeren Umfangsoberfläche der Metallspindel **10** ausgebildet ist. Dementsprechend wird der abgestufte Bereich **13** mit der Schubkraft beaufschlagt, wodurch die Spindel **10** und das Gehäuse **30** miteinander verbunden und der Grenzbereich K abgedichtet bzw. versiegelt werden.

Die Länge der Spindel **10** in der axialen Richtung davon ist hinreichend lang, um zu verhindern, daß die Verspannung bzw. die Belastung des Verstemmens die Membran **11** beeinflußt, die die Sensoreigenschaften dominiert. Deshalb ist ein Raum zwischen dem Gehäuse **30** und dem Keramiksubstrat **60** bereitgestellt, und ein ringförmiger Abstandshalter **112** ist in dem Raum angeordnet.

Die **Fig. 11A** bis **11C** zeigen einen Prozeß zum Verstemmen der Metallspindel **10** und des Gehäuses **30** an dem aufgespreizten Bereich **110**. Wie in den Figuren gezeigt ist, wird zuerst die Spindel **10** mit dem Gehäuse **30** zusammengefügt, um den Grenzbereich K zu bilden. Dann wird der Bereich des Gehäuses **30**, der in **Fig. 11B** mittels eines gestrichelten Kreises **A** angezeigt ist, mittels eines Spannlements **120** verstemmt, das auf eine hohe Temperatur (z. B. 180°C) aufgeheizt wird.

Danach wird die Temperatur auf Raumtemperatur abgesenkt. Zu diesem Zeitpunkt, wie in **Fig. 12** gezeigt, wird ein Auflagedruck **P** an dem Grenzbereich K infolge eines Unterschiedes in den thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen der Spindel **10** und dem Gehäuse **30** erzeugt. Die Verstemmbedingungen wie z. B. die Temperatur werden so gesetzt bzw. eingestellt, daß der Auflagedruck **P** eine bestimmte Größe oder mehr besitzt. Demgemäß wird der Grenzbereich K auf geeignete Weise versiegelt bzw. abgedichtet. Nach dem Verstemmen wird der Prozeß des Zusammenbaus im wesentlichen auf dieselbe Weise wie in der ersten Ausführungsform ausgeführt, wodurch der Drucksensor **200** fertiggestellt wird.

Was den thermischen Ausdehnungskoeffizienten anbelangt, so ist es vorteilhaft, daß der thermische Ausdehnungskoeffizient der Spindel **10** kleiner ist als jener des Gehäuses **30**. Dementsprechend kann das Gehäuse **30** auf dem Weg einer Rückkehr zu der Raumtemperatur zusammenziehen gelassen werden, so daß eine Kraft angelegt wird, um die Ver-

stemmung stabil zu machen. Zum Beispiel liegt der thermische Ausdehnungskoeffizient der Spindel **10** ungefähr in einem Bereich von 4 bis 9 ppm/°C (10⁻⁶/°C), und der thermische Ausdehnungskoeffizient des Gehäuses **30** liegt ungefähr in einem Bereich von 10 bis 18 ppm/°C (10⁻⁶/°C). Je größer der Unterschied in den thermischen Ausdehnungskoeffizienten wird, desto effektiver wird der Grenzbereich K versiegelt.

Der Auflagedruck **P**, der geeignet ist, den Grenzbereich K geeignet zu versiegeln, wird durch das Ausführen der Verstemmung bei einer Temperatur erzeugt, die höher ist als jene, bei der der Drucksensor **200** betrieben wird. Zum Beispiel wird ein Fahrzeugdrucksensor im allgemeinen bei 140°C oder weniger verwendet. **Fig. 13** zeigt Auflagedrücke **P** innerhalb eines Temperaturverwendungsbereiches, wenn das Gehäuse **30**, das einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ besitzt, und die Spindel **10**, die einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ besitzt, bei 180°C verstemmt werden. Wie man **Fig. 13** entnimmt, ist der Auflagedruck größer als eine bestimmte Größe (z. B. ungefähr größer als 125 MPa), die in dem Temperaturverwendungsbereich erforderlich ist. Dies impliziert, daß der Grenzbereich K hinreichend versiegelt wird.

Es gibt einen Fall, wo die Metallspindel **10** keinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzen kann, der kleiner ist als jener des Gehäuses **30**, oder wo die Spindel **10** keinen hinreichenden Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizienten gegenüber dem Gehäuse **30** in Bezug auf der Materialstärke und dergleichen bereitstellen kann. In so einem Fall wird, wie in **Fig. 14** gezeigt, ein Hilfselement **114** wie z. B. eine Scheibe zwischen der Spindel **10** und dem Gehäuse **30** angeordnet und das Verstemmen wird mittels dem Hilfselement **114** ausgeführt. Das Hilfselement **114** besitzt einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, der größer ist als jene der Spindel **10** und des Gehäuses **30**. Dementsprechend kann dasselbe Dichtungsvermögen wie oben an dem Grenzbereich K bereitgestellt werden. Falls die durch das Verstemmen erzeugte Verspannung bzw. Belastung die Membran **11** nicht beeinflußt, kann die Länge der Spindel **10** verringert werden. Wie in **Fig. 15** gezeigt ist, kann der Drucksensor **200** ohne den Abstandshalter **112** auskommen. Dementsprechend kann die Größe des Drucksensors **200** verringert werden.

In dem Drucksensor **200** gemäß der zweiten Ausführungsform werden die Spindel **10** und das Gehäuse **30** durch die Schubkraft, die mittels des Verstemmens erzeugt wird, miteinander verbunden. Folglich ist es nicht notwendig, daß die Spindel **10** und das Gehäuse **30** dieselbe Härte bzw. denselben Härtegrad besitzen. Folglich können dieselben Effekte wie jene in der ersten Ausführungsform bereitgestellt werden. Zusätzlich, da das Schraubenelement **20** nicht verwendet wird, um die Spindel **10** mit dem Gehäuse **30** zu verbinden, ist die Anzahl der Teile im Vergleich zu jener in der ersten Ausführungsform verringert. Der Verstemmungsprozeß ist nicht auf jenen, der oben beschrieben wurde, beschränkt. Zum Beispiel kann der Teil des Gehäuses **30** in einer Aussparung eingebettet werden, die an der äußeren Umfangsoberfläche der Spindel **10** ausgebildet ist.

Weiterhin, da das Gehäuse **30** aus einem weichen Material bestehen kann, ist die Verarbeitungsfähigkeit des Gehäuses **30** verbessert. Das Gehäuse **30** kann mittels Pressen oder dergleichen mit niedrigen Herstellungskosten hergestellt werden, die im Vergleich zu einem konventionellen Schneideverfahren ungefähr auf ein Fünftel verringert werden können. Die Materialkosten können im Vergleich zu dem konventionellen Verfahren ungefähr auf ein Zehntel verringert werden. Diese Effekte werden in der ersten Ausführungsform ebenfalls bereitgestellt. Weiterhin sind die

Dichtungseigenschaften, die durch die Verfahren in den ersten und zweiten Ausführungsformen zwischen der Metallspindel 10 und dem Gehäuse 30 bereitgestellt werden, hinreichend, wenn die Dichtungsüberflächen der Spindel 10 und des Gehäuses 30 flach bzw. eben sind. Es werden keine Hohlräume bzw. Kavitäten an dem Grenzbereich K wie in einem konventionellen Schweißverfahren erzeugt. Die Dichtungsüberflächen können überprüft werden, wenn montiert wird. Folglich besitzen die Drucksensoren in den vorliegenden Ausführungsformen eine hohe Dichtungszuverlässigkeit.

Dritte Ausführungsform

In einer dritten bevorzugten Ausführungsform wird die Gestalt des hohlen Bereiches der Spindel von jener in den obigen Ausführungsformen modifiziert, um zu verhindern, daß Verunreinigungen bzw. Kontaminanten in dem hohlen Bereich zurückbleiben.

Im allgemeinen ist es vorteilhaft, daß Kontaminanten, die in dem Druckmedium enthalten sind, nicht an einen Drucksensor gebracht und nicht von dem Drucksensor ausgestoßen werden. Zum Beispiel, in einem Fall, wo der Drucksensor verwendet wird, um einen Kraftstoffdruck in einer Fahrzeugspeichereinspritzung zu erfassen, kann ein Anhaften bzw. Verkleben einer Düse, die an einer Austrittsseite des Drucksensors angeordnet ist, durch relativ große Verunreinigungen bzw. Kontaminanten verursacht werden, die von dem Drucksensor ausgestoßen werden.

In der in Fig. 23 gezeigten konventionellen Struktur wird eine Leitung J10 in den hohlen Bereich der Metallspindel J2 eingeführt, um an den Schweißbereich J9 anzugrenzen bzw. anzustoßen, wo die Spindel J2 und das Gehäuse J5 miteinander verschweißt werden, wodurch verhindert wird, daß die Stärke durch das Schweißen verringert wird. Die Leitung J10 bildet jedoch einen engen Teil in dem hohlen Bereich der Spindel J2 zwischen dem Druckleitungskanal J4 und der Membran J1. In dieser Struktur haften Kontaminanten leicht an dem engen Teil an und lagern sich darauf ab, nicht nur, wenn der Drucksensor zusammengebaut wird, sondern auch, wenn der Drucksensor verwendet wird. Es ist schwierig, die anhaftenden Kontaminanten durch Waschen oder dergleichen zu entfernen. Die Kontaminanten können dann von dem Drucksensor als eine Masse ausgestoßen werden und das obige Problem und dergleichen verursachen.

In der gegenwärtigen Ausführungsform, wie in den Fig. 16, 17A und 17B gezeigt, ist der Durchmesser S2 des Öffnungsbereiches 12 der Spindel 10 kleiner als der Durchmesser S1 des Druckleitungskanals 32. Dementsprechend ist es für Verunreinigungen bzw. Kontaminanten schwierig, an der Innenwand des hohlen Bereiches der Spindel 10 anzuhaften und sich darauf abzulagern.

Da die Spindel 10 und das Gehäuse 30 mittels der Schubkraft auf dieselbe Weise, wie es in der ersten oder zweiten Ausführungsform beschrieben wurde, miteinander verbunden werden, muß man nicht die konventionelle Leitung verwenden, um zu verhindern, daß die Stärke durch das Schweißen verringert wird. In Fig. 16 beträgt der Durchmesser S2 des Öffnungsbereiches 12 ϕ 3,5 mm, und der Durchmesser S1 des Druckleitungskanals 32 beträgt ϕ 5 mm. Selbst wenn die Mitte der Spindel 10 von der Mitte des Gehäuses 30 durch das Zusammenbauen irrtümlich um 0,75 mm verschoben wird, wenn montiert wird, kann die Dichtungsüberfläche 30a des Gehäuses 30 die Dichtungsüberfläche der Spindel 10 kontaktieren.

Wie in Fig. 17A gezeigt, wenn die Innenwand des hohlen Bereiches der Spindel 10 einen abgestuften Bereich besitzt, der einen großen Durchmesser S2 und einen kleinen Durch-

messer S3 besitzen soll, sollten die Durchmesser S1, S2 und S3 eine Beziehung $S1 \geq S2 \geq S3$ erfüllen. Weiterhin, wie in Fig. 17B gezeigt, wenn der hohle Bereich der Spindel 10 spitz zuläuft und sich in Richtung der Membran 11 vergrößert, sollten die Durchmesser S1 und S2 eine Beziehung $S1 \geq S2$ erfüllen. Dementsprechend kann derselbe Effekt wie oben beschrieben erreicht werden. Übrigens, wie in dem in Fig. 18 gezeigten Vergleichsbeispiel, wenn die Innenwand des hohlen Bereiches der Spindel 10 einen sich plötzlich aufweitenden Bereich wie z. B. eine Aussparung oder einen konkaven oder gewölbten Bereich besitzt, lagern sich Kontaminanten leicht in dem sich aufweitenden Bereich ab, sogar wenn der Durchmesser S2 des Öffnungsbereiches 12 kleiner ist als der Durchmesser S1 des Druckleitungsloches 32. Folglich ist es wünschenswert, daß die Spindel 10 im Inneren keinen solchen sich plötzlich aufweitenden Bereich besitzt.

Vierte Ausführungsform

20

In der ersten Ausführungsform hält bzw. trägt das Gehäuse 30 das Schraubenelement 20 nicht vollständig und ein Teil des Schraubenelementes 20, der verschieden ist von dem äußeren Gewindegang 21, wird von dem Gehäuse 30 nicht bedeckt und liegt frei. Hier, wie in den Fig. 19A und 19B gezeigt, tritt das folgende Problem auf, wenn das gesamte Schraubenelement 20 in dem Gehäuse 30 untergebracht wird.

Insbesondere wird die Metallspindel 10, mit der der Sensorschip 40 verbunden bzw. verklebt ist, gegen das Metallgehäuse 30 geschoben bzw. gedrückt, um den Grenzbereich K abzudichten bzw. zu versiegeln. Um die Spindel 10 gegen das Gehäuse 30 zu schieben bzw. zu drücken, wird ein hexagonaler Befestigungsbereich 22 des Schraubenelementes 20 unter Verwendung eines Befestigungsspannelementes wie z. B. eines Schraubenziehers oder eines Schraubenschlüssels gedreht. Dementsprechend wird das Schraubenelement 20 an dem Gehäuse 30 befestigt, während eine axiale Spannung erzeugt wird.

30 Hier wird das Schraubenelement 20 mit dem darauf montierten Keramiksubstrat 30 zum Verstärken und Einstellen eines Signals von dem Sensorschip 40 verbunden. Folglich muß die Kontur des Befestigungsbereiches 22 des Schraubenelementes 20 zum Durchführen der Positionierung größer sein als jene des Keramiksubstrates 30. Weiterhin, da das oben beschriebene Befestigungsspannlement verwendet wird, um das Schraubenelement 20 zu montieren, muß ein Freiraum S zwischen dem Gehäuse 30 und dem Befestigungsbereich 22 ausgebildet sein. Der Freiraum S erhöht jedoch die Größe des Gehäuses 30, was zu einer erhöhten Größe des Drucksensors führt.

55 Die vierte Ausführungsform stellt einen Drucksensor bereit, der geeignet ist, die obigen Probleme zu lösen. Wie in den Fig. 20A und 20B zu sehen ist, besitzt das Schraubenelement 20 in einem Drucksensor gemäß der gegenwärtigen Ausführungsform an einer oberen Seite davon einen Befestigungsbereich 23. Der Befestigungsbereich 23 besitzt einen hexagonalen konkaven Bereich an einer Innenseite davon und eine Wand, die den konkaven Bereich umgibt. Die 60 Wand bildet eine kreisförmige Gestalt an einer Seite des äußeren Umfangs bzw. der äußeren Peripherie davon, um mit der inneren Gestalt des Gehäuses 30 zu korrespondieren bzw. übereinzustimmen. Das Schraubenelement 20 kann mittels des Befestigungsbereiches 23 befestigt werden. Es 65 ist nicht erforderlich, den in den Fig. 19A und 19B gezeigten großen Freiraum S auszubilden. Da die Gestalt der Seite des äußeren Umfangs bzw. der äußeren Peripherie des Befestigungsbereiches 23 mit der inneren Gestalt des Gehäuses

30 übereinstimmt bzw. damit korrespondiert, kann der Freiraum zwischen dem Gehäuse 30 und dem Schraubenelement 20 minimal gemacht werden, was zu einer Größenreduktion des Gehäuses 30 führt.

Die Gestalt des konkaven Bereiches ist nicht auf ein Sechseck beschränkt, sondern kann ein Polygon sein wie z. B. ein Achteck oder ein Zwölfeck, das in der axialen Richtung davon beobachtet wird. Dementsprechend kann der Befestigungsbereich 23 leicht mittels des Spannelementes wie z. B. eines Schraubenschlüssels befestigt werden. Eine vorteilhafte Anzahl der Polygonecken des konkaven Bereiches ist acht oder mehr, um die Wand des Befestigungsbereiches 23 dünner zu machen und um die Fläche zum Anbringen des Substrates 60 zu erhöhen. Weiterhin ist die vorteilhafte Anzahl der Polygonecken achtzehn oder weniger. Der Grund dafür ist, daß das Befestigungsspannlement an dem Befestigungsbereich 23 abrutschen kann, wenn die Anzahl der Polygonecken zu groß ist. Wie in Fig. 21 gezeigt kann der Befestigungsbereich 23 anstatt der Gestalt eines Polygons die Gestalt eines Zahnrades besitzen.

In den in den Fig. 20A, 20B und 21 gezeigten Drucksensoren ist das untere Ende des Befestigungsbereiches 23 ungefähr komplanar mit dem Montagebereich, auf dem das Keramiksubstrat 60 angebracht bzw. montiert wird. Wie jedoch in den Fig. 22A und 22B gezeigt ist, kann ein Befestigungsbereich 23a mit einem unteren Ende ausgebildet werden, das nicht komplanar mit dem Montagebereich ist, auf dem das Keramiksubstrat 60 angebracht ist. In den Fig. 22A und 22B ist eine Stufe 24 an einem oberen Bereich ausgebildet, der von dem Montagebereich verschieden ist, und der Befestigungsbereich 23a ist mit einer dünnen Wand an einem oberen Bereich ausgebildet, der von der Stufe 24 verschieden ist. Dementsprechend kann ein weiteres Teil auf der Stufe 24 angebracht bzw. montiert werden.

Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die vorhergehenden bevorzugten Ausführungsformen gezeigt und beschrieben worden ist, ist es für Fachleute offensichtlich, daß Änderungen an der Form und im Detail daran gemacht werden können, ohne von dem Anwendungsbereich der Erfindung, wie er in den beigefügten Ansprüchen definiert ist, abzuweichen.

Zum Beispiel kann die Schubkraft zum Versiegeln bzw. Abdichten des Grenzbereiches K unter Verwendung eines Ringes in Gestalt eines C erzeugt werden. In diesem Fall ist, beispielsweise, eine ringförmige Nut an einem Bereich des Gehäuses 30 zum Halten bzw. Tragen der Spindel 10 ausgebildet, und der abgestufte Bereich 13 der Spindel 10, der darauf den Ring in der Gestalt eines C trägt, wird in der Nut untergebracht. Der Ring in der Gestalt eines C dehnt sich aufgrund einer elastischen Kraft von sich, so daß er in die Nut paßt, während der abgestufte Bereich 13 geschoben wird. Als eine Folge werden die Spindel 10 und das Gehäuse 30 miteinander verbunden und an dem Grenzbereich K miteinander versiegelt.

Was den Erfassungsbereich (Sensorelement) des Drucksensors anbelangt, so können Dehnungsmeßelemente aus Polysilizium direkt auf der Membran 11 angeordnet werden. Andererseits kann ein Erfassungsbereich vom Kapazitätstyp ausgebildet werden. In dem Erfassungsbereich vom Kapazitätstyp ist eine Elektrode ausgebildet, um einer Membran in einem Abstand zugewandt zu sein und eine Änderung in dem Abstand zu erfassen, der durch die Verschiebung bzw. Verlagerung der Membran verursacht wird, als eine Änderung in der Kapazität.

Der Drucksensor in der vorliegenden Erfindung kann direkt an Hochdruckleitungssystemen angebracht werden wie z. B. einer Kraftstofftransportleitung, die in einer Fabrik installiert ist, einer Hochdruckvorrichtung und dergleichen,

zusätzlich zu der Kraftstoffleitung in dem Fahrzeugkraftstoffeinspritzsystem wie z. B. dem Speichereinspritzsystem.

Zusammengefaßt besitzt ein Drucksensor eine zylindrische Metallspindel 10 mit einer Membran 11 an einem Ende davon und einem Öffnungsbereich 12 an dem anderen Ende davon, und ein Gehäuse 30, das darin einen Druckleitungskanal 32 definiert, der mit dem Öffnungsbereich 12 in Verbindung steht. Die Spindel 10 ist mit dem Gehäuse 30 mittels Zusammenfügen eines äußeren Gewindegliedes 21 eines Schraubenelementes 20, das zwischen der Spindel 10 und dem Gehäuse 30 angeordnet ist, und eines inneren Gewindegliedes 33 des Gehäuses 30 verbunden. Als ein Ergebnis wird ein Grenzbereich K zwischen der Spindel 10 und dem Gehäuse 30 hermetisch abgedichtet bzw. versiegelt. Die Spindel 10 und das Gehäuse 30 müssen nicht denselben Härtegrad bzw. dieselbe Härte besitzen.

Patentansprüche

1. Drucksensor mit:
einer zylindrischen hohlen Metallspindel (10) mit einer Membran (11) an einem ersten Ende davon und einem Öffnungsbereich (12) an einem zweiten Ende davon, wobei die Membran (11) durch einen daran angelegten Druck verlagert wird;
einem Erfassungsbereich (40), der auf der Membran (11) angeordnet ist, zum Erfassen des Druckes auf der Grundlage der Verlagerung der Membran;
einem Gehäuse (30) zum Anbringen an einer Vorrichtung, wobei das Gehäuse darin einen Druckleitungskanal (32) definiert, der mit dem Öffnungsbereich (12) der Spindel (10) zum Leiten des Druckes von der Vorrichtung in Richtung der Membran (11) durch den Öffnungsbereich (12) hindurch in Verbindung steht; und
einer Schiebeeinrichtung (20, 21, 33, 110) zum Schieben der Spindel (11) gegen das Gehäuse (30), derart, daß ein Grenzbereich (K) zwischen der Spindel (11) und dem Gehäuse (30) versiegelt wird.

2. Drucksensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
die Spindel (10) einen ersten Bereich an einer Seite des Öffnungsbereiches (12) und einen zweiten Bereich an einer Seite der Membran (11) besitzt, wobei der erste Bereich einen Außendurchmesser besitzt, der größer ist als jener des zweiten Bereiches, um einen abgestuften Bereich (13) zu bilden; und
die Schiebeeinrichtung (20, 21, 33, 110) den abgestuften Bereich (13) mit einer Schubkraft beaufschlägt, derart, daß der Grenzbereich (K) versiegelt wird.

3. Drucksensor gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schiebeeinrichtung eine Schraubverbindungseinrichtung (20, 21, 33) ist, die zusammengefügt wird, derart, daß die Spindel (10) gegen das Gehäuse (30) geschoben wird.

4. Drucksensor gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schraubverbindungseinrichtung aus einem inneren Gewindeglied (33) des Gehäuses (30) und einem äußeren Gewindeglied (21), der an der Seite des äußeren Umfangs der Spindel (10) bereitgestellt ist, besteht.

5. Drucksensor gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Gewindeglied (21) auf einem Schraubenelement (20) bereitgestellt ist, das von der Spindel (10) getrennt ist.

6. Drucksensor gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schraubverbindungseinrichtung einen ersten Gewindeglied (21), der auf einem Element (20) bereit-

gestellt ist, das an der Spindel (10) angebracht oder mit der Spindel (10) integriert ist, und einen zweiten Gewindegangsbereich (33), der auf dem Gehäuse bereitgestellt ist, um mit dem ersten Gewindegangsbereich (21) zusammengefügt zu werden, umfaßt; und

5 das Element (20) einen Befestigungsbereich (23, 23a) an einer dem Gehäuse (30) abgewandten Seite besitzt, wobei der Befestigungsbereich (23, 23a) einen konkaven Bereich und eine Wand besitzt, die den konkaven Bereich umgibt, zum Aufnehmen eines Spannlements, um den ersten Gewindegangsbereich und den zweiten Gewindegangsbereich zusammenzufügen.

7. Drucksensor gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Element (20) gänzlich in dem Gehäuse (30) untergebracht ist.

8. Drucksensor gemäß irgendeinem der Ansprüche 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Befestigungsbereich (23, 23a) des Elementes (20) von einer Innenwand des Gehäuses (30) umgeben wird; und

15 eine Gestalt des äußeren Umfangs der Wand des Befestigungsbereiches (23, 23a) ungefähr dieselbe ist, wie jene der Innenwand.

9. Drucksensor gemäß irgendeinem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der konkav Bereich die Gestalt eines Polygons besitzt.

10. Drucksensor gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anzahl der Ecken des konkaven Bereiches gleich oder größer als acht ist.

11. Drucksensor gemäß irgendeinem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Gewindegangsbereich (21) ein äußerer Gewindegangsbereich und der zweite Gewindegangsbereich (33) ein innerer Gewindegangsbereich ist.

12. Drucksensor gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schiebeeinrichtung (20, 21, 33, 110) ein aufgespreizter Bereich (110) des Gehäuses (30) ist, der auf der Spindel (10) verstemmt ist, derart, daß der Grenzbereich (K) versiegelt wird.

13. Drucksensor gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Spindel (10) einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, der kleiner als ein thermischer Ausdehnungskoeffizient des Gehäuses (30) ist.

14. Drucksensor gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der thermische Ausdehnungskoeffizient der Spindel (10) ungefähr in einem Bereich von $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ bis $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ und der thermische Ausdehnungskoeffizient des Gehäuses (30) ungefähr in einem Bereich von $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ bis $18 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ liegt.

15. Drucksensor gemäß irgendeinem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der aufgespreizte Bereich (110) auf der Spindel (10) mittels einem dazwischen angeordneten Hilfselement (114) verstemmt ist.

16. Drucksensor gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein thermischer Ausdehnungskoeffizient des Hilfselementes (114) größer ist als jene der Spindel (10) und des Gehäuses (30).

17. Verfahren zum Herstellen des Drucksensors, der in irgendeinem der Ansprüche 13 bis 16 definiert ist, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

Verstemmen des aufgespreizten Bereiches (110) auf der Spindel (30) während der aufgespreizte Bereich (110) aufgeheizt wird; und

Abkühlen des aufgespreizten Bereiches (110) herunter auf eine Raumtemperatur.

18. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Verstemmen des aufgespreizten Bereiches (110) bei einer Temperatur ausgeführt wird, die höher ist als eine Betriebstemperatur, bei der der Drucksensor betrieben wird.

19. Drucksensor gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Spindel (10) spitz zuläuft, derart, daß sie eine Dichtungsoberfläche an dem zweiten Ende davon besitzt, wobei die Dichtungsoberfläche mit dem Gehäuse (30) an dem Grenzbereich (K) in Kontakt steht.

Hierzu 20 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. I

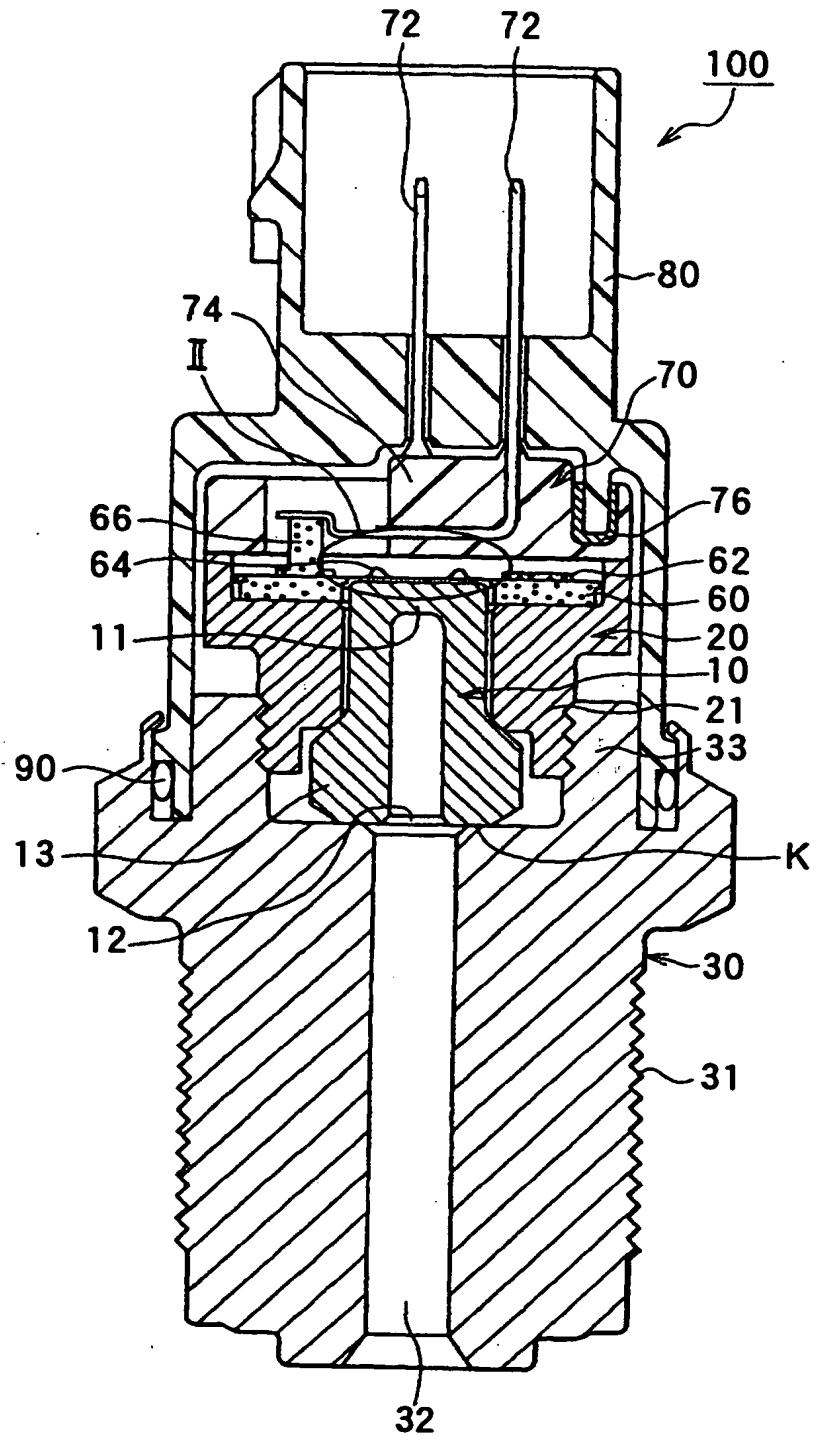


FIG. 2

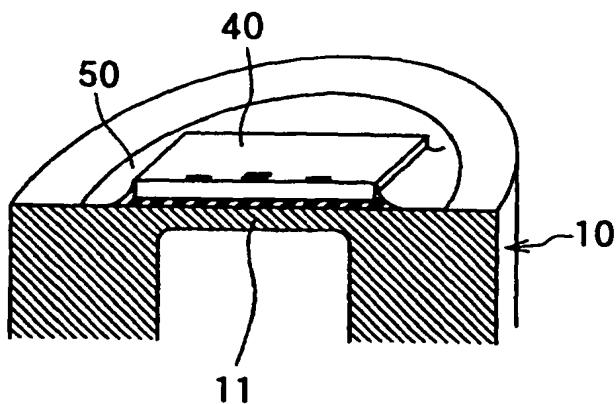


FIG. 3

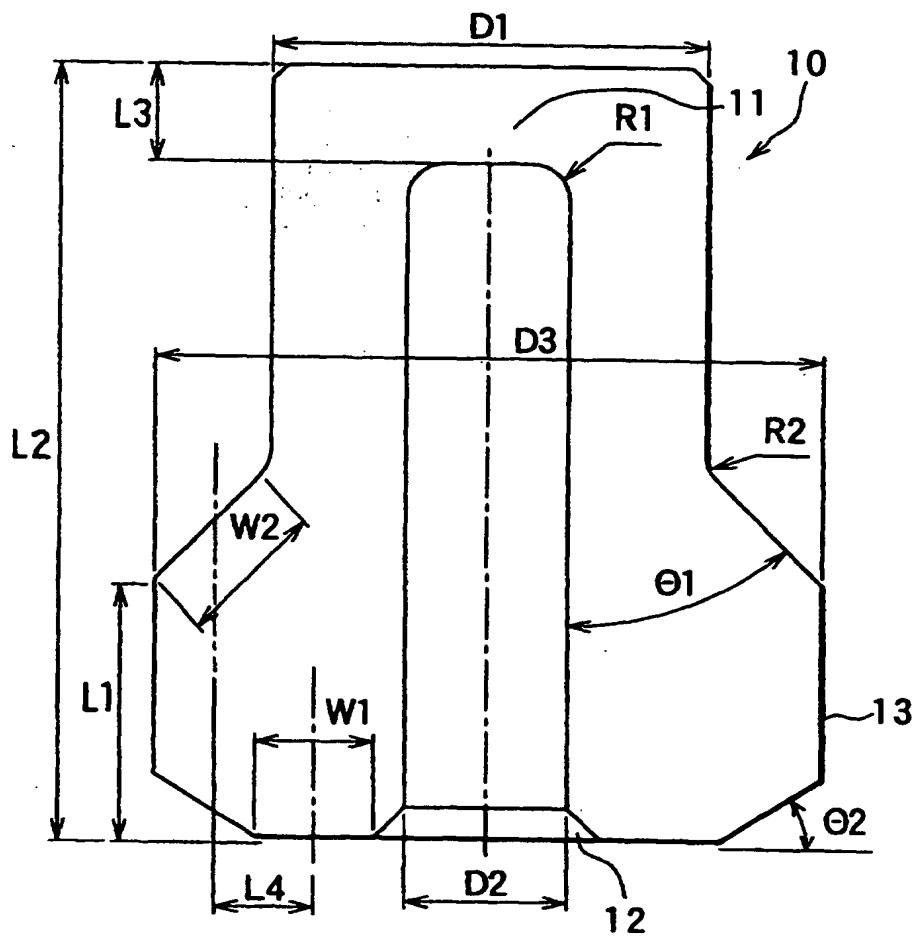


FIG. 4A

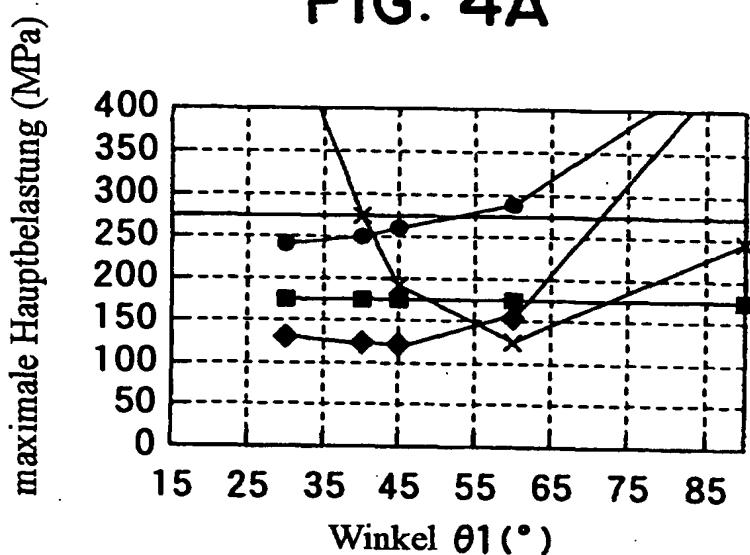


FIG. 4B

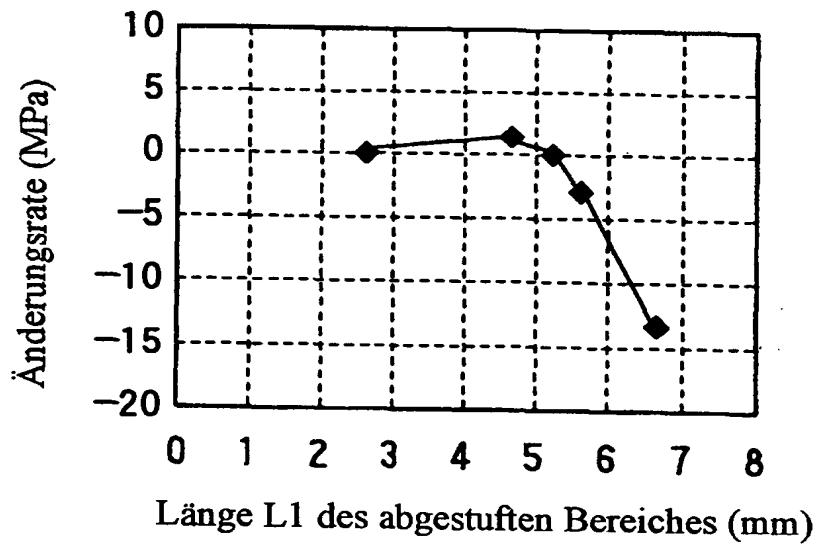


FIG. 5

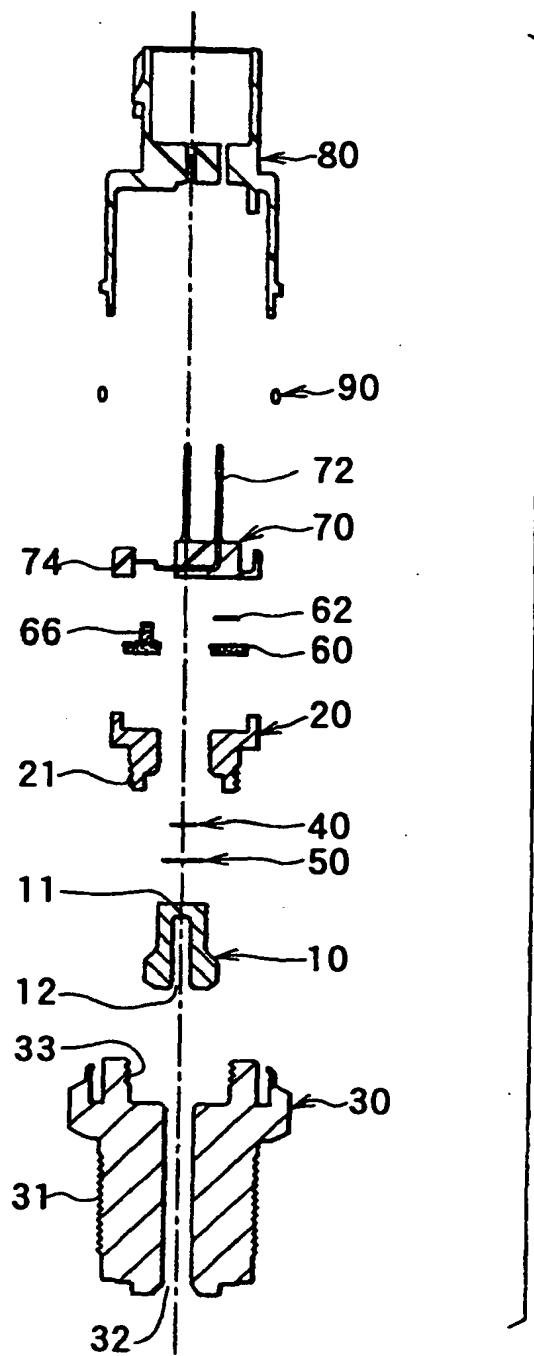


FIG. 6A

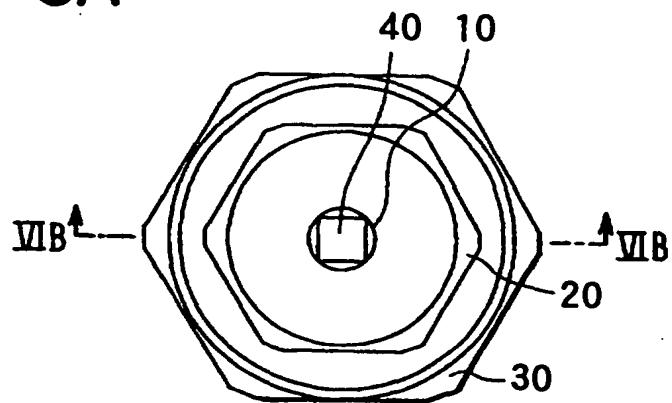


FIG. 6B

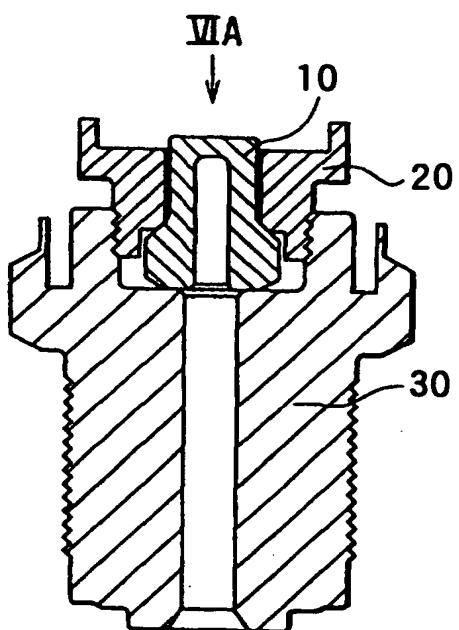


FIG. 7A

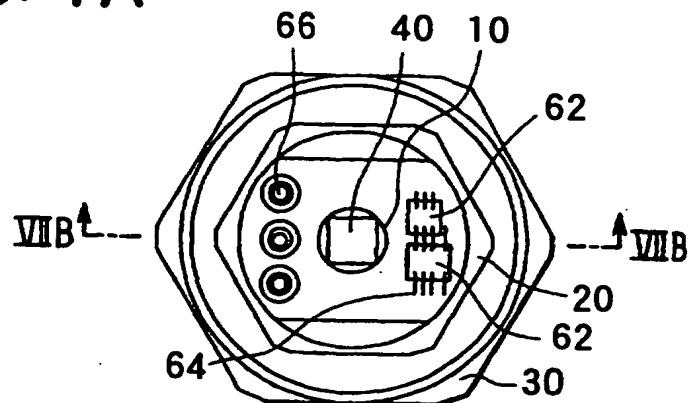


FIG. 7B

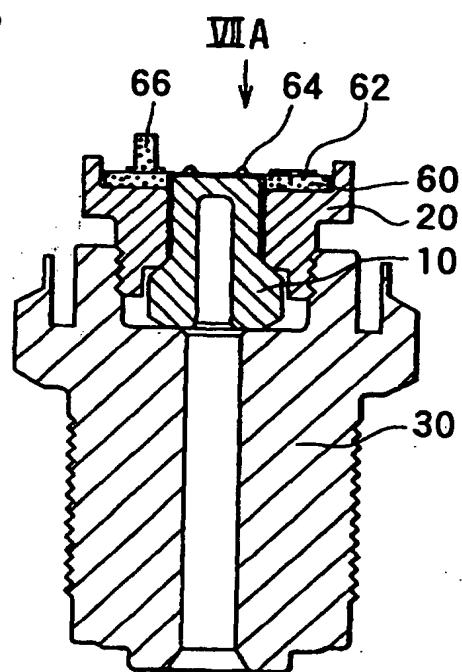


FIG. 8A

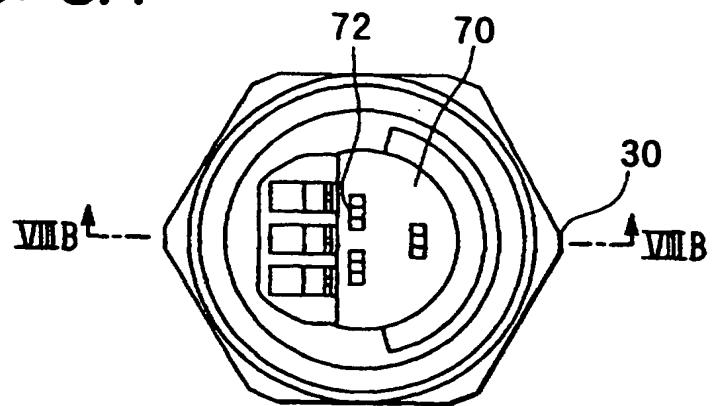


FIG. 8B

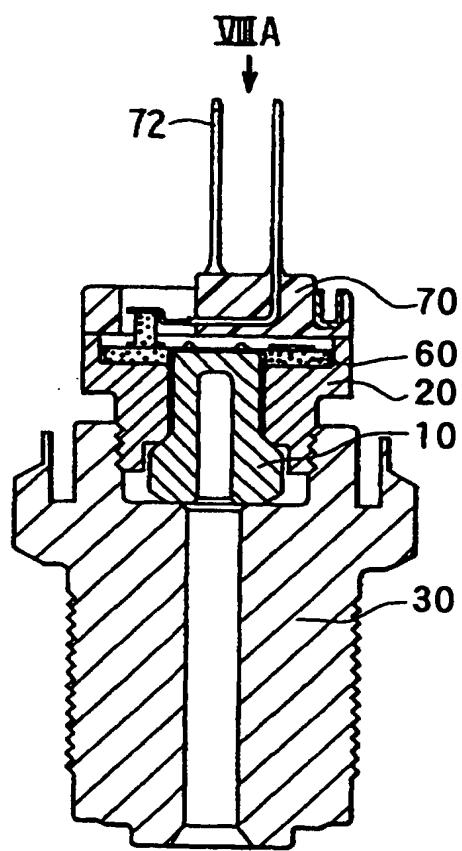


FIG. 9A

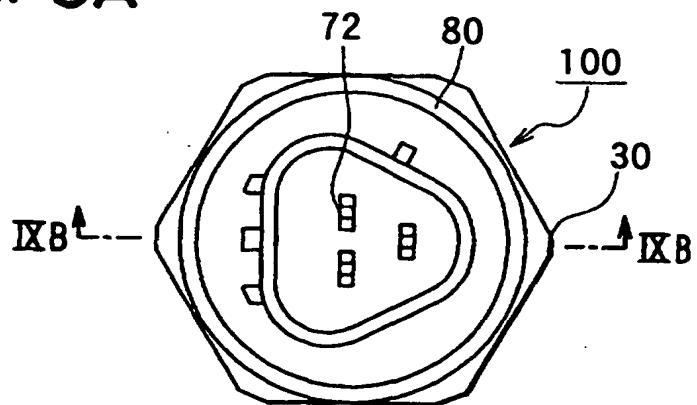


FIG. 9B

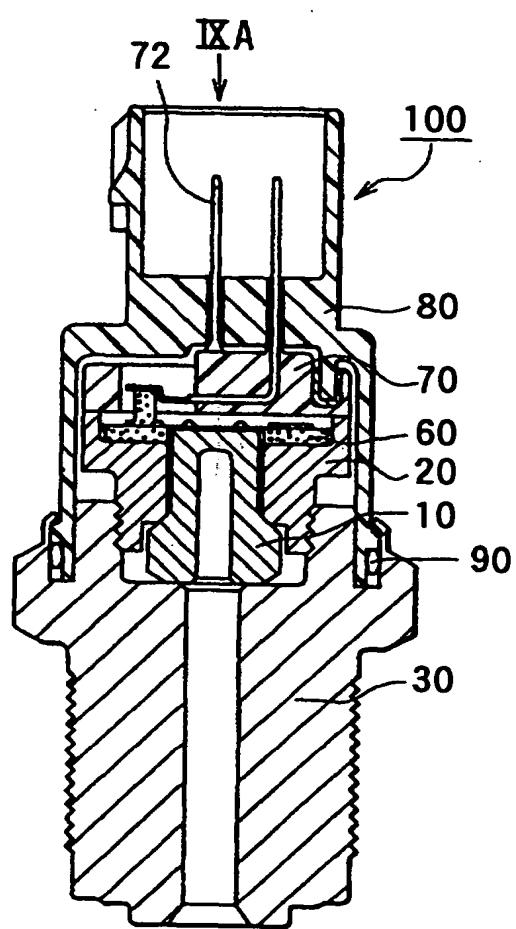


FIG. 10

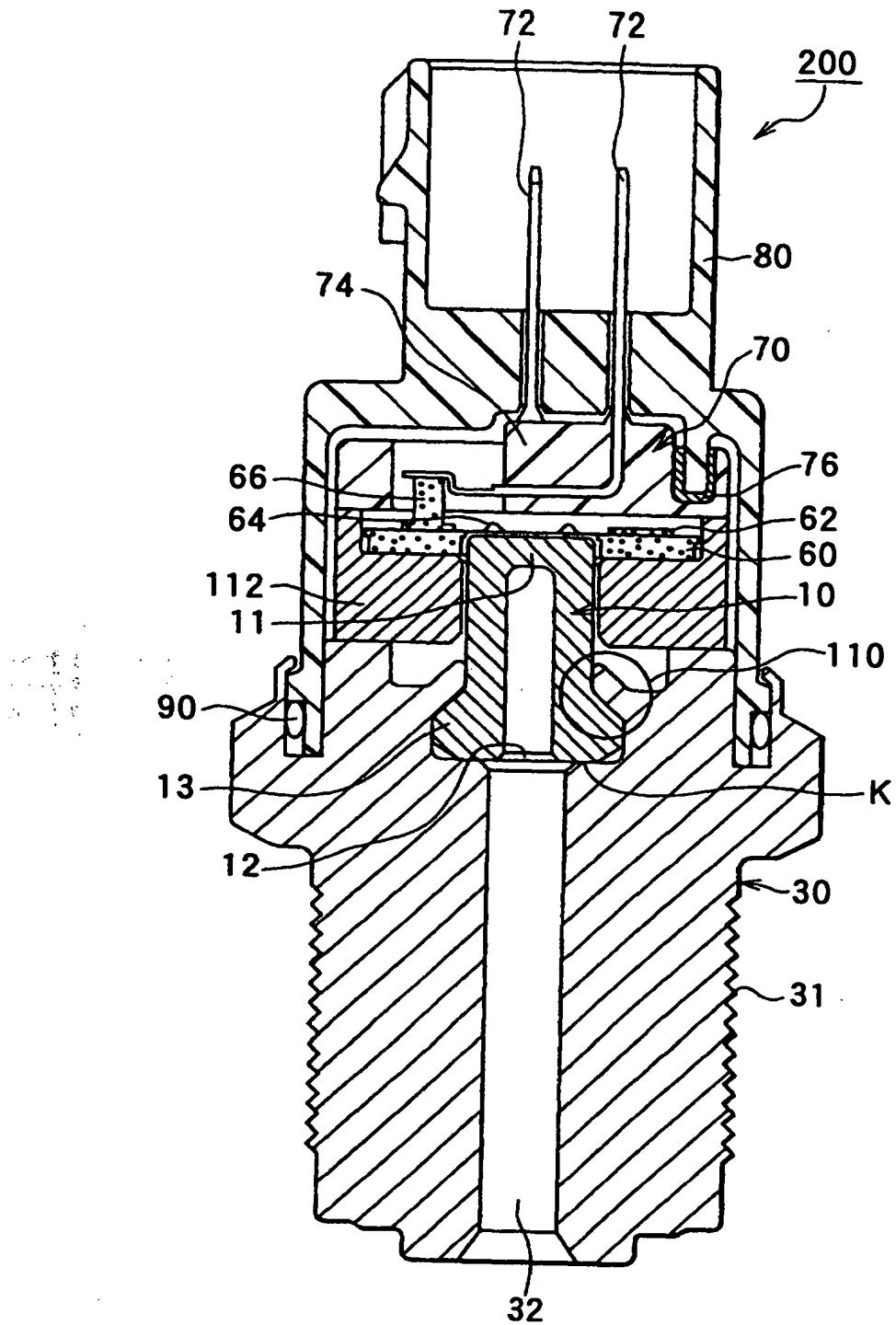


FIG. IIA

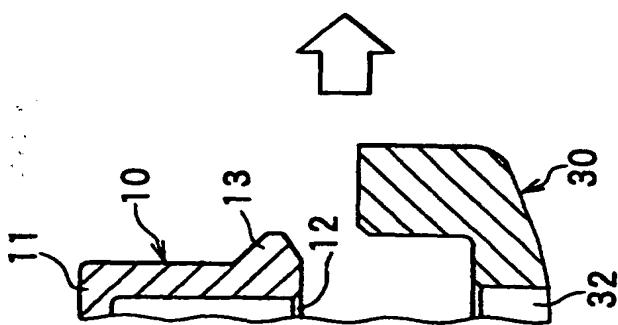


FIG. IIB

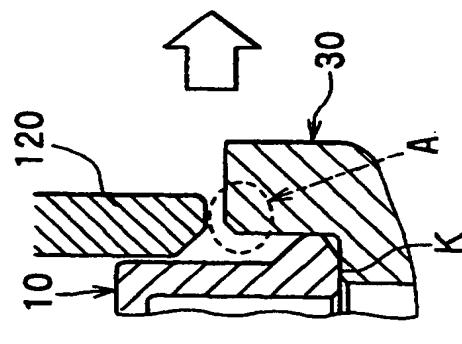


FIG. IIC

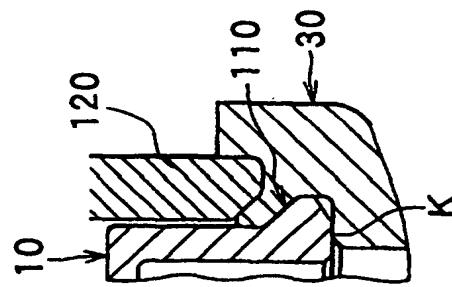


FIG. 12

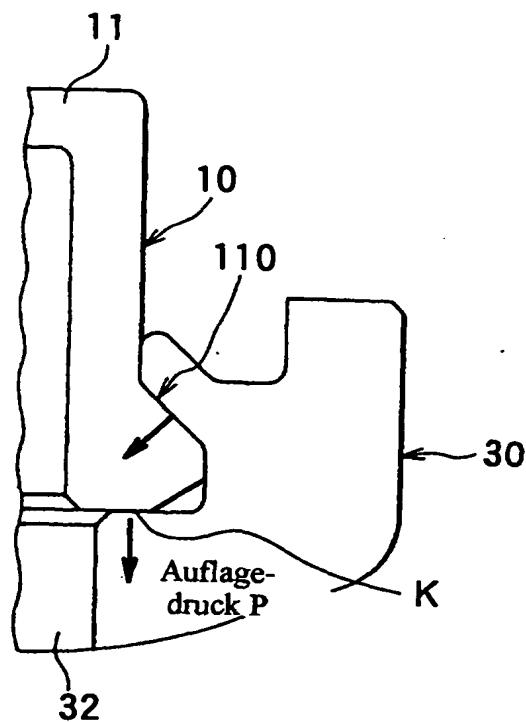


FIG. 13

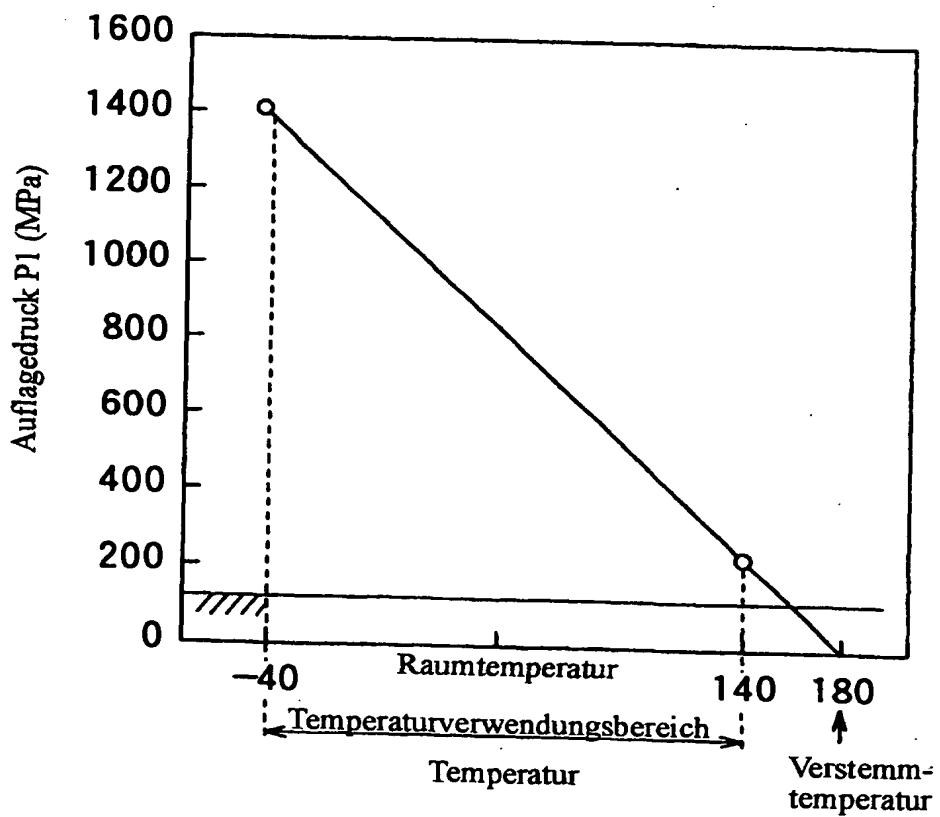


FIG. 14

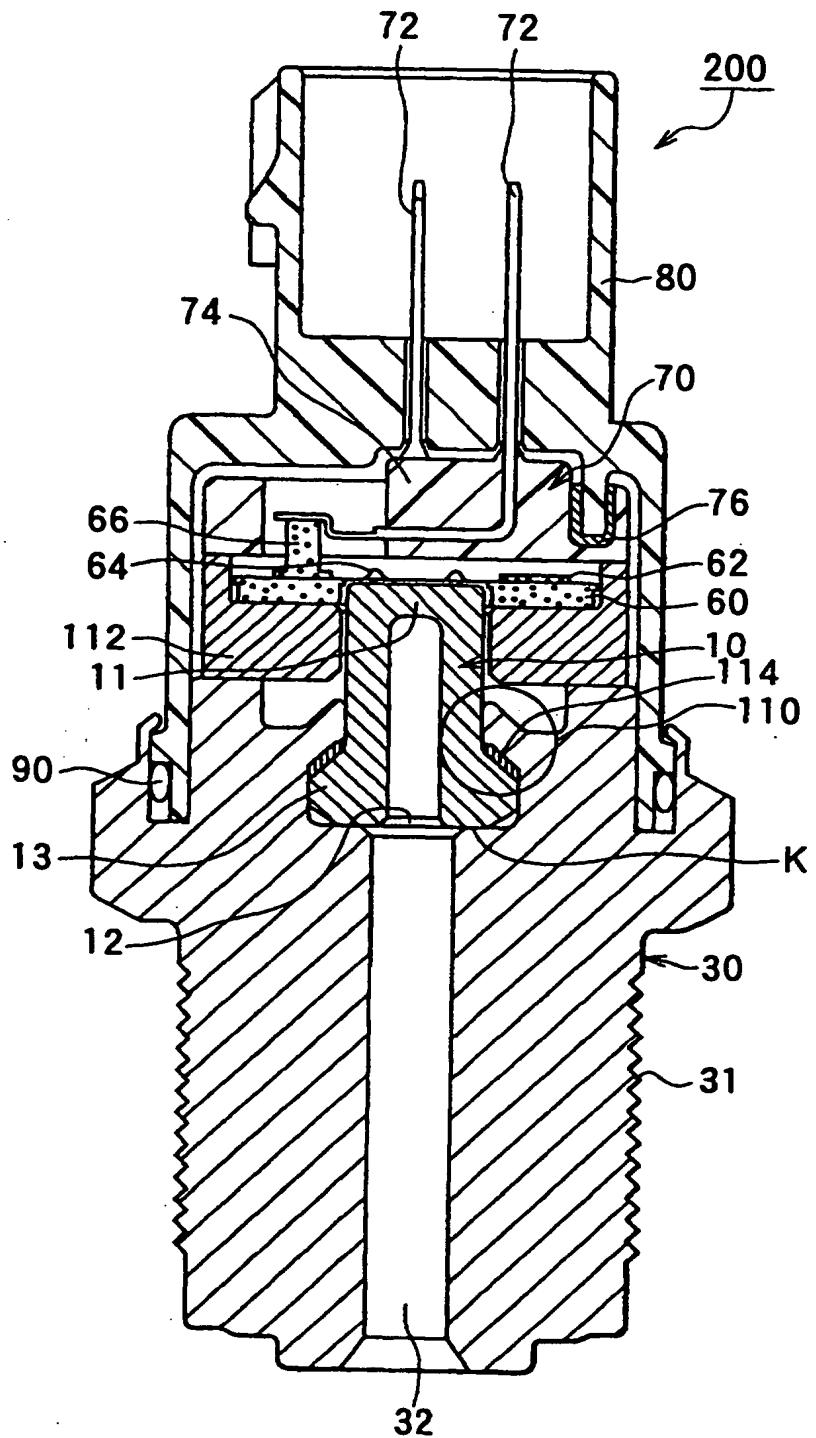


FIG. 15

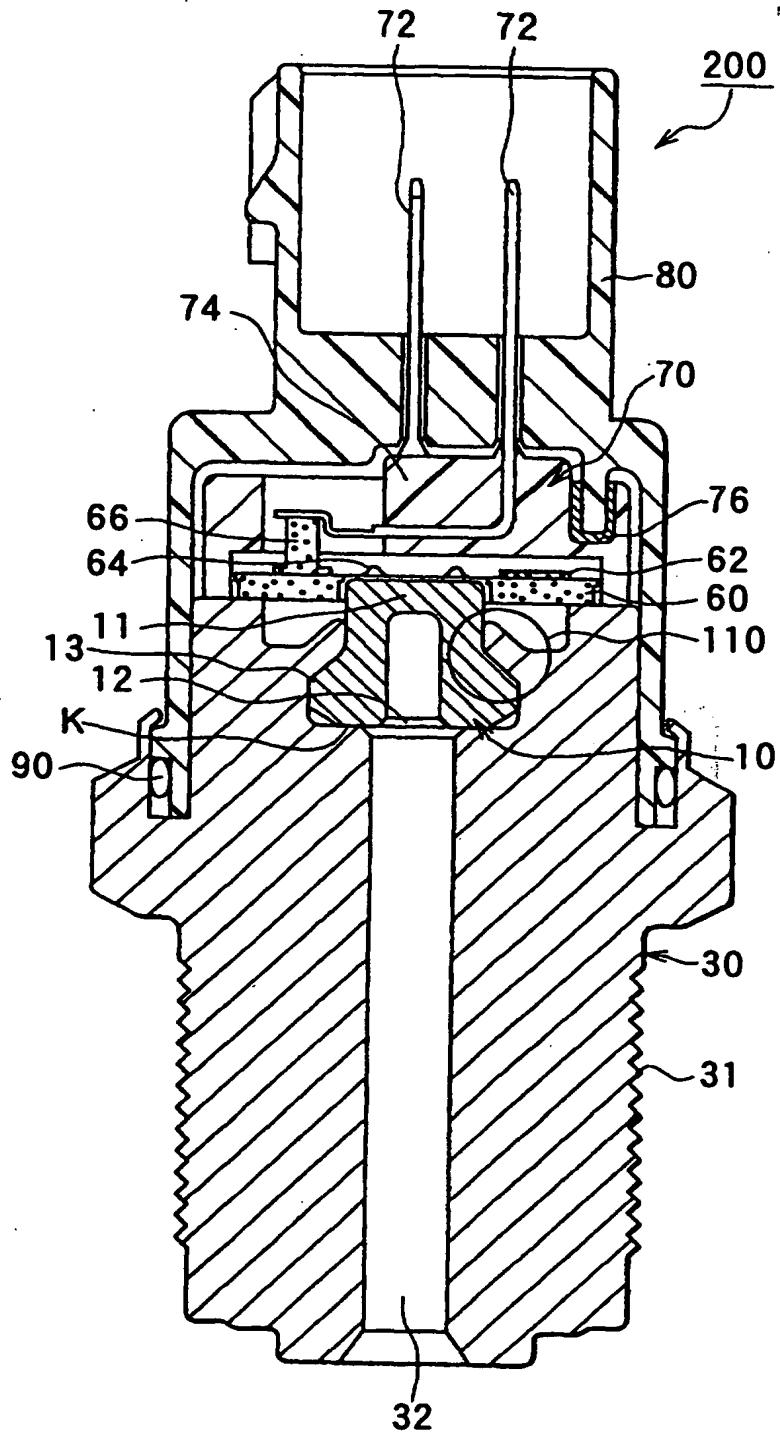


FIG. 16

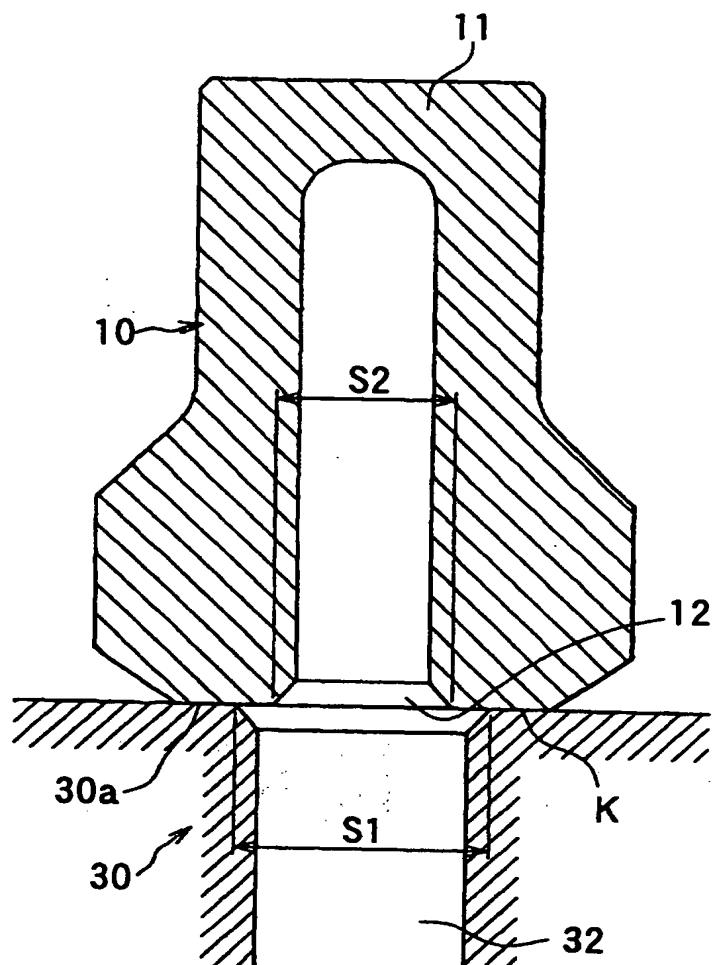
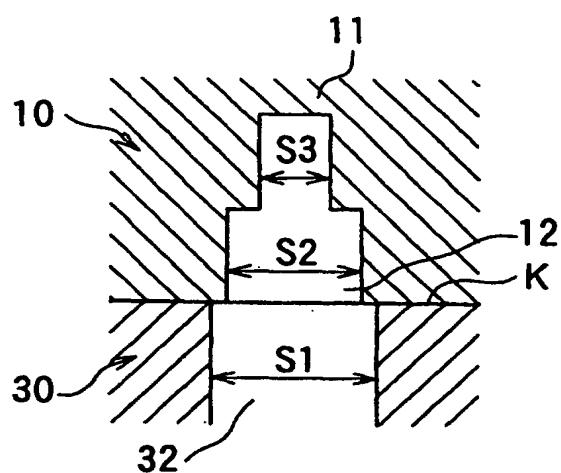
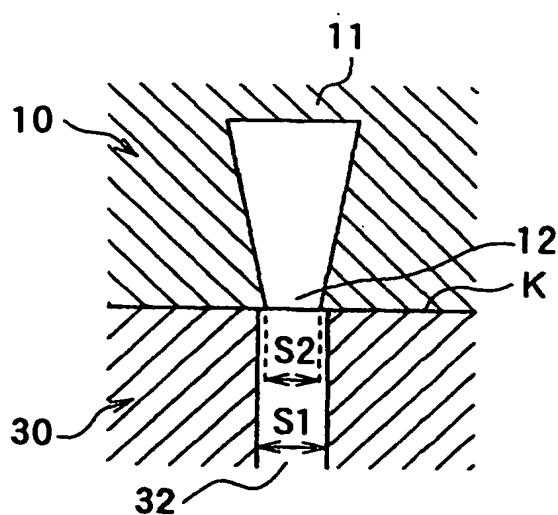


FIG. 17A



$$S_1 \geq S_2 \geq S_3$$

FIG. 17B



$$S_1 \geq S_2$$

FIG. 18

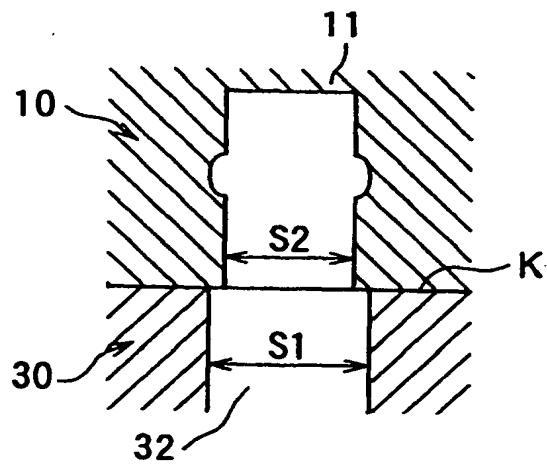


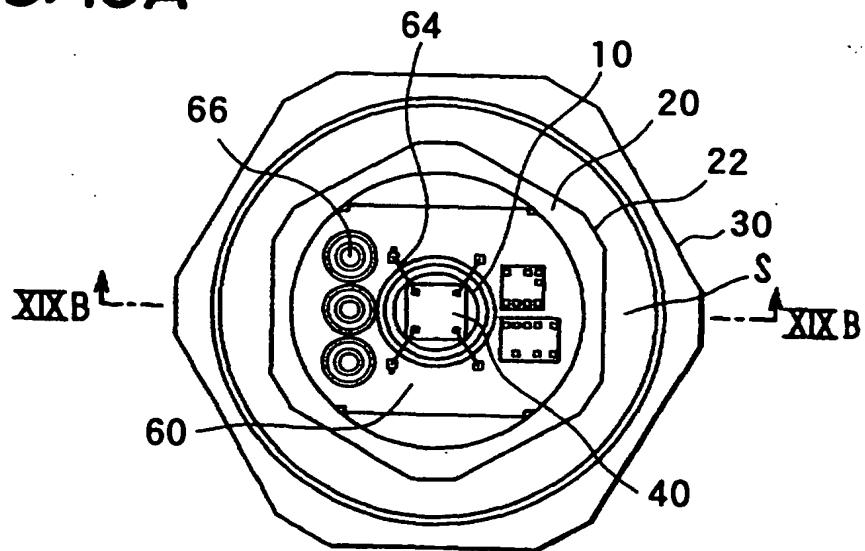
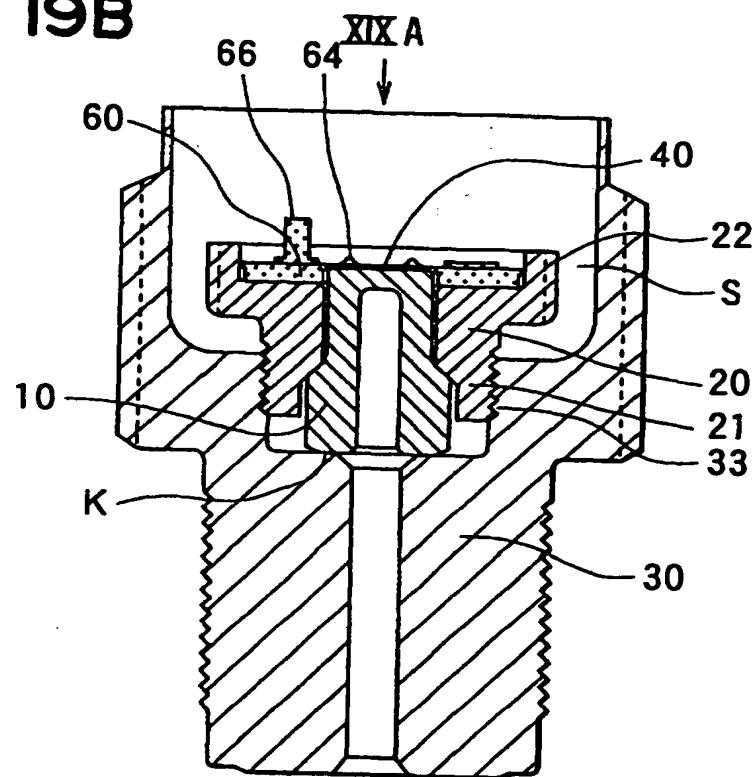
FIG. 19A**FIG. 19B**

FIG. 20A

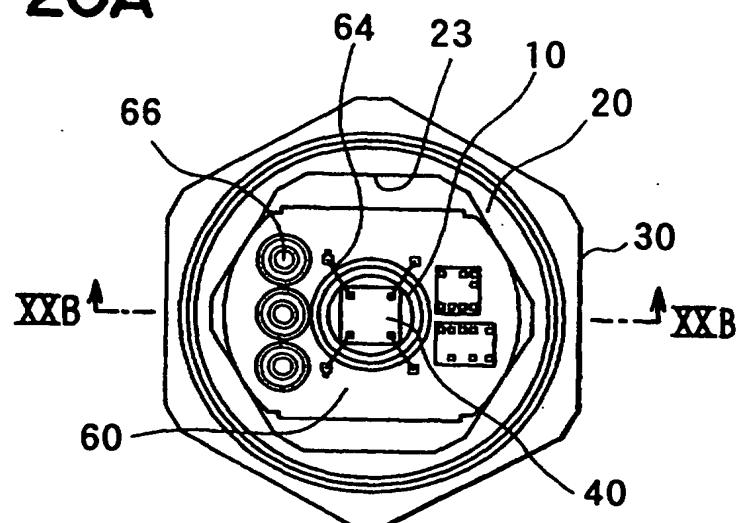


FIG. 20B

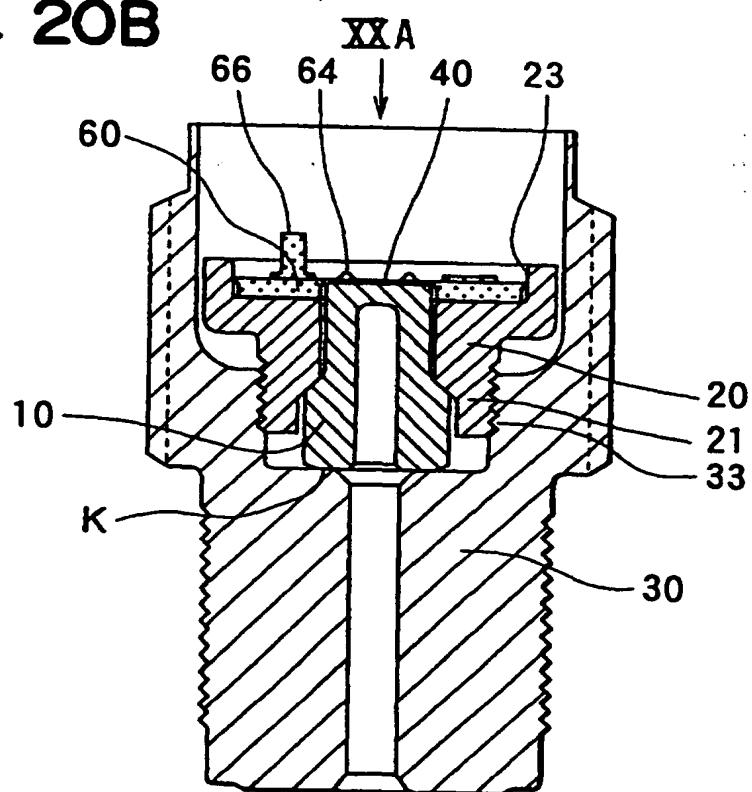


FIG. 21

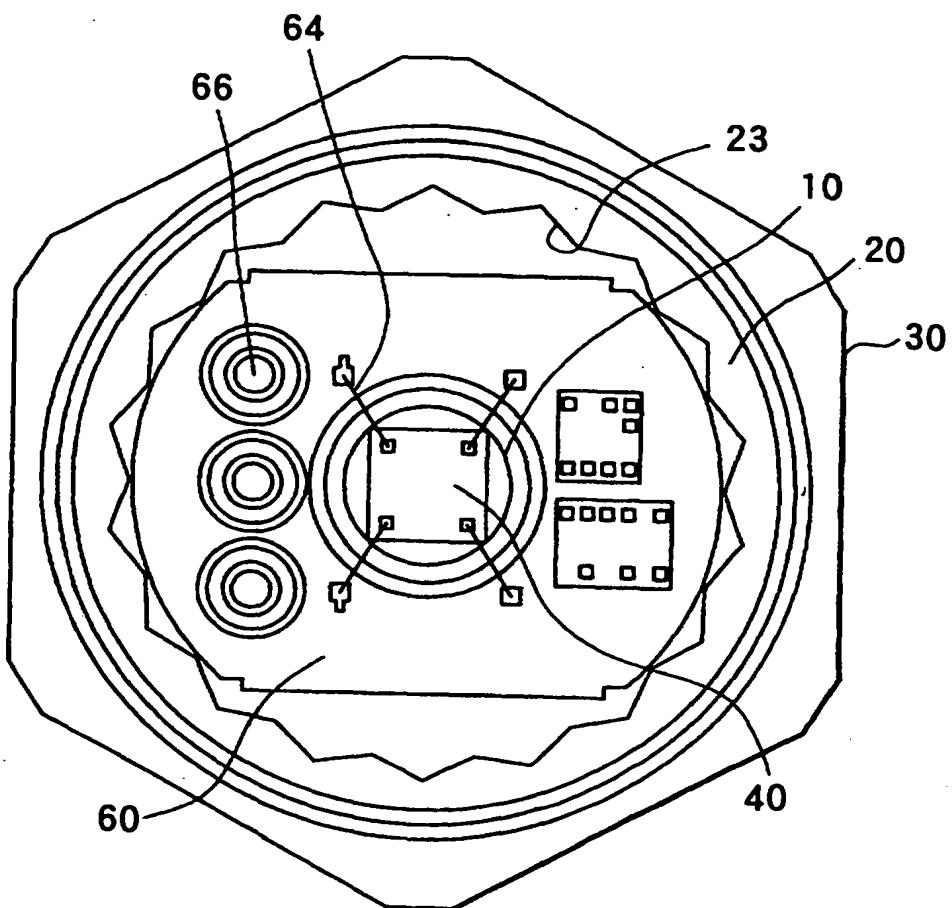


FIG. 22A

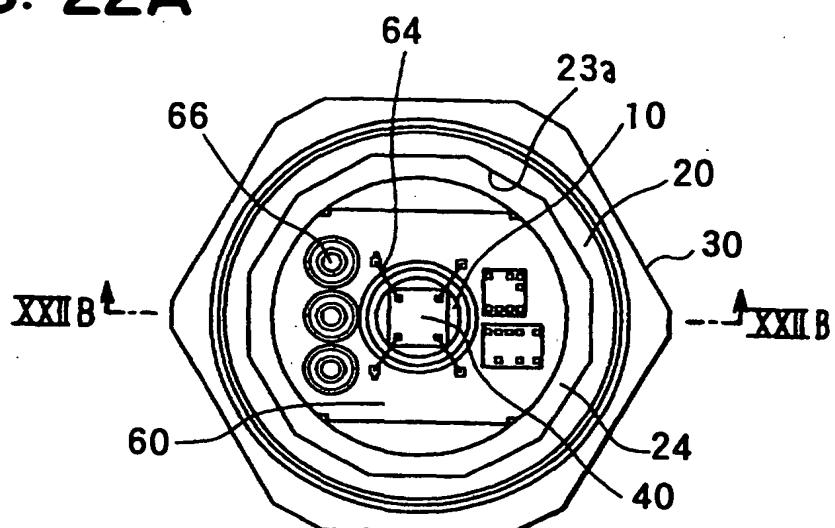


FIG. 22B

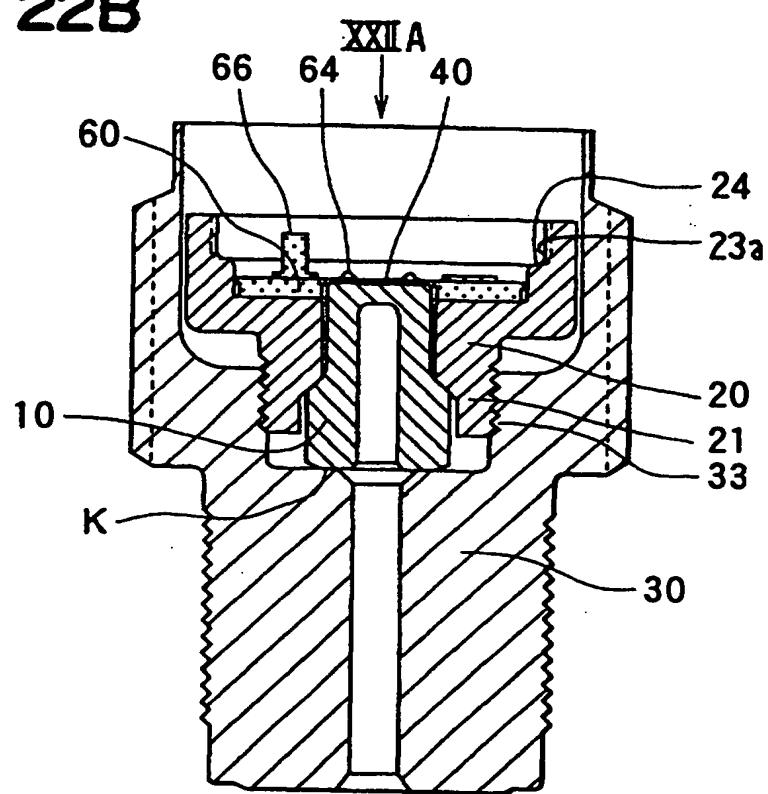


FIG. 23

Stand der Technik

